

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 697.1

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

на тему: «Оцінювання рівня енергетичної ефективності житлового багатоквартирного
будинку при термомодернізації з використанням математичних моделей» _____

Виконала: студентка II курсу, групи ОТ – 391мп
(шифр групи)

Лигіна Марина Русланівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н. доцент Білоус І.Ю.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. _____

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. _____

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. _____

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. _____

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Валерій ДЕШКО
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Лигиній Марині Русланівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Оцінювання енергетичної ефективності житлового багатоквартирного будинку при термомодернізації з використанням математичних моделей» _____, **науковий керівник дисертації** Білоус Інна Юріївна, к.т.н, доцент _____, (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» 11 2020 р. № 3198-с _____

2. Термін подання студентом дисертації 07 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження житловий багатоквартирний будинок за адресою м. Київ вул. Вадима Гетьмана, 22 _____

4. Вихідні дані до магістерської дисертації Загальна площа будівлі - 4304,7 м². Житлова площа - 2956 м². Загальна площа скління 580 м². _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) зібрати інформацію про житловий будинок та вихідні дані для розрахунків геометричних, теплотехнічних та енергетичних показників; 2) розрахувати енерговитрати будівлі за допомогою програмного продукту RETScreen; 3) побудувати динамічні моделі 5RIC до та після термомодернізації будинку; 4) побудувати

динамічні моделі з врахуванням переривчастого режиму опалення; 5) провести порівняльний аналіз результатів моделювання

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

2 аркуші формату А1, Презентація 20 слайдів.

7. Орієнтовний перелік публікацій підготувати матеріали тези доповідей до конференції «Відновлювальна енергетика XXI століття»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 02.09. 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження	26.10. 2020 - 11.11. 2020	
2	Інжиніринг енергетичних систем	26.10. 2020 -07.12. 2020	
3	Науково-дослідний інжиніринг	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
4	Енергоменеджмент та моніторинг	26.10. 2020 - 09.11. 2020	
5	Стартап-проект	02.11. 2020 - 07.12. 2020	
6	Нормативне оформлення магістерської дисертації	30.11.2020-07.12. 2020	
7	Попередній захист	07.12.2020-12.12.2020	

Студент

(підпис)

М.Р. Лигіна
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

І.Ю. Білоус
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Оцінювання рівня енергетичної ефективності житлового багатоквартирного будинку при термомодернізації з використанням математичних моделей складається з 82 сторінок, 35 рисунків, 35 таблиць, а також містить 40 джерел в переліку посилань

Актуальність теми полягає у використанні різних методів розрахунку енергопотреби та енергоспоживання житлового будинку, а також у моделюванні переривчастого режиму опалення. В роботі використовується два методи розрахунку енергопотреби: квазістаціонарний (на базу програмного продукту RETScreen) та досить новий для України – динамічний метод (модель 5R1C [4, 5]).

Метою роботи є оцінювання енергетичної ефективності житлового багатоквартирного будинку при термомодернізації з використанням математичного моделювання та порівняння цих методів.

Завдання дослідження – проаналізувати будівлю та зібрати вихідні дані для розрахунку геометричних, теплотехнічних та енергетичних показників, провести моделювання енергоспоживання будинку квазістаціонарним методом, використовуючи програмний продукт RETScreen, побудувати динамічні моделі та змоделювати енергоспоживання будівлі до та після термомодернізації, побудувати динамічні моделі для переривчастого режиму опалення, проаналізувати та порівняти результати моделювання різними методами.

Об'єкт дослідження – житловий багатоквартирний будинок за адресою м. Київ, вул. Вадима Гетьмана, 22.

Предмет дослідження – вивчення різних методів розрахунку енергопотреби та енергоспоживання, порівняння квазістаціонарного та динамічного методів, а також різних режимів опалення.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні нового для України динамічного методу розрахунку енергопотреби постійного і переривчастого режимів опалення.

Отримані результати, запропоновані методики та підходи можуть використовуватись для розрахунку енергопотреби та енергоспоживання будівель.

Результати досліджень були апробовані та викладені на III науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті проф. В. М. Винославського (за результатами дисертаційних досліджень) 26-27 листопада 2020 року, м. Київ

Ключові слова та словосполучення: енергопотреба, енергоспоживання, моделювання, квазістаціонарний метод, динамічна модель, енергоефективність, енергоаудит, енергозбереження.

ABSTRACT

Master's thesis "Estimating the level of energy efficiency of a residential apartment building after thermal modernization using mathematical models" consists of 82 pages, 35 figures, 35 Tables and 40 sources containing a list of links.

Actuality of the topic lies in the use of various methods for calculating energy consumption of a residential building, as well as in the modeling of intermittent heating. The paper uses two methods of calculating energy consumption: quasi-stationary (based on the software product RETScreen) and a fairly new for Ukraine – dynamic method (model 5R1C [4, 5]).

The aim of the work is to evaluate the energy efficiency of a residential apartment building during thermal modernization using mathematical modeling and comparison of these methods.

The task of the study is to analyze the building and collect initial data for the calculation of geometric, thermal and energy indicators, to model the energy consumption of the building by quasi-stationary method, using RETScreen software, to build dynamic models and model the energy consumption of the building before and after thermal modernization, build dynamic models for intermittent heating, analyze and compare the results of modeling by different methods.

The object of research is a residential apartment building at Kyiv, st. Vadym Hetman, 22.

The subject of research is the study of different methods of calculating energy consumption, comparing quasi-stationary and dynamic methods, and different heating modes.

The scientific novelty of the master's dissertation is the study of a new for Ukraine dynamic method of calculating the energy consumption of constant and intermittent heating modes.

The obtained results, proposed methods and approaches can be used to calculate the energy consumption of buildings.

The research results were tested and presented at the III scientific and technical conference of undergraduates of IEE in memory of prof. V. M. Vynoslavsky (according to the results of dissertation research) November 26-27, 2020, Kyiv.

Keywords and phrases: energy consumption, modeling, quasi-stationary method, dynamic model, energy efficiency, energy audit, energy saving.

ЗМІСТ

ВСТУП	13
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	15
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	18
2.1 Огороджувальні конструкції будівлі	18
2.2 Джерела теплопостачання	21
2.3 Система опалення	23
2.4 Системи водопостачання та водовідведення	27
2.5 Система електропостачання	29
2.5.1 Дослідження СЕП об'єкту	29
2.5.2 Аналіз поточного технічного стану	32
2.5.3. Шляхи підвищення ефективності використання енергоресурсів .	36
2.5.4. Пропозиції з модернізації системи електропостачання об'єкту ...	39
Висновки до розділу	40
3 ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ	42
3.1 Огляд методів розрахунку енергоспоживання	42
3.2 Енергетичне моделювання в програмному середовищі RETScreen	44
3.2.1 Ввід теплотехнічних характеристик будівлі	45
3.2.2 Аналіз та висновки по роботі з RETScreen	49
3.3 Динамічна модель	50
Висновки до розділу	58
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ	59
4.1 Енергоменеджмент	59
4.2 Система моніторингу	60
Висновки до розділу	61
5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ТЕПЛОТИ ВІД ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З ВРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ УМОВ	62

Висновки до розділу 75

ВИСНОВКИ 77

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ

Q – теплота;

R – термічний опір;

F – площа;

t – температура;

α – коефіцієнт тепловіддачі;

δ – товщина;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

E – економія;

PP – термін окупності;

C – капітальні затрати;

P – потужність.

СКОРОЧЕННЯ

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;

ОК – обслуговуючий кооператив

ТК – теплова камера;

ГВП – гаряче водопостачання;

ХВП – холодне водопостачання;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ЗЕЗ – заходи з енергозбереження

ПАТ – публічне акціонерське товариство;

КЗ – капітальні затрати;

ТП – трансформаторна підстанція;

АВР – автоматичне включення резерву;

ГРЩ – головний розподільчий щит;

РЩ – розподільчий щит;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

ЖБ – житлова будівля;

ЗУ – закон України;

ПОН постачальник «останньої надії»;

IWEC – The International Weather for Energy Calculation

PMV – Predicted Mean Vote;

PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied;

ІНДЕКСИ

вн – внутрішній;

з – зовнішній;

с.о. – середня за опалювальний сезон;

ст – стіни;

вік – вікна;

ут – утеплення;

із – ізоляції;

рік – річна;

осв – освітлення;

обл – обладнання.

ф – фасаду.

ВСТУП

В Україні актуальною є проблема максимально ефективного використання енергоресурсів. Впровадження енергозберігаючих заходів дасть змогу суттєво знизити витрати на енергозабезпечення будівель, оскільки вартість теплопостачання це близько 70% від вартості всіх комунальних послуг, то поліпшення теплових характеристик житлових приміщень – це перший і найбільший крок до більш ефективного споживання енергоресурсів.

Сучасні норми та закони зобов'язують враховувати параметри ефективності при проектуванні нових або реконструкції старих будівель, а кілька десятиліть років назад, коли були спроектовані і побудовані більшість будівель, про це не було і мови, тоді ресурси нашої країни здавалися невичерпними.

Методи розрахунку енергопотреб, які використовуються в Україні мають кілька недоліків: таким чином стаціонарні методи визначають енергопотребу в річному розрізі і не враховують інерційні особливості будівель. Квастаціонарні методи використовують для розрахунку досить тривалого інтервалу часу (місяць або цілий сезон). Для більш детального аналізу енергетичних характеристик доцільно використовувати нестационарні та/або динамічні моделі розрахунку енергоспоживання. В динамічних методах тепловий баланс розраховують за короткотривалими часовими інтервалами (одна година), беручи до уваги тепло, що акумулюється в, або вивільняється від масиву будівлі. Динамічна модель дозволяє детально дослідити окремі елементи об'єкту, а також роботу будівлі в цілому, виявити основні недоліки та оцінити шляхи їх вирішення.

При наявності комп'ютерної моделі подальші затрати часу і фінансів на дослідження набагато нижче, при цьому результати роботи зазвичай точніші і ближчі до реальних умов, оскільки враховується більше факторів і умов, що можуть здійснювати вплив на об'єкт.

Дослідження переривчастих режимів опалення відкриває нам ще один напрям економії енергоресурсів при забезпеченні комфортних умов проживання для мешканців будинку.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження – житловий будинок за адресою м. Київ вулиця Вадима Гетьмана, 22 (рисунок 1). Будинок побудовано в 1961 році, капітальних ремонтів не було, останній косметичний ремонт було проведено в 2017 році.



Рисунок 1.1 – Житловий будинок

Будинок має 5 поверхів, 4 секції, 60 квартир. Загальна інформація представлена у таблиці 1.1.

Житлові приміщення мають 1/2/3 кімнати, кухню з газовою плитою, сумісний санвузол, коридор. Загальна площа забудови 4304,7 м². Житлова площа 2956 м². Площа скління 580 м². Зовнішні стіни будівлі виконані з цегли товщиною 0,36 м та покриті з внутрішньої сторони шаром штукатурки 0,02 м. Опір теплопередачі стін не відповідає нормативному [1]. Вікна в будівлі частково дерев'яні, частково замінені на метало-пластикові. Встановлено сталеві двері на вході в кожную секцію. Будинок має скатний дах, виконаний у вигляді шатра з шиферу, знаходиться

безпосередньо над всією будівлею. Перекриття даху виконано з залізобетонної багатопустотної панелі, яка утеплена шаром керамзиту та вкрито цементно-піщаною стяжкою. Тип підлоги – неопалювальний підвал. Висота підвалу становить 1,8 м. Підлога покрита керамічною плиткою.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика будинку

Назва об'єкту	ОК «Укркінохроніка»
Адреса	Вул. Вадима Гетьмана, 22
Призначення	Житловий будинок
Рік будівництва	1961
Період будівництва	2 роки
Серія типового проекту	1-438
Тип проекту	хрущовка
Наявність проектної документації	Поверховий план будівлі
Наявність технічного паспорту БТІ	Немає
Кількість поверхів	5
Загальна площа житлових приміщень, м ²	2956
Площа забудови, м ²	4304,7
Об'єм будівлі за зовнішнім виміром, м ²	12914
Опалювальний об'єм будівлі, м ³	7802,7
Опалювальна площа, м ²	2737,8
Джерело теплопостачання	централізоване
Назва теплопостачального підприємства	Київтеплоенерго
Наявність приладів обліку: (так/ні)	Так
Система електропостачання	Так
Система теплопостачання	Так
Система газопостачання	Ні
Система водопостачання	Так
Система гарячого водопостачання	Ні

Споживання енергетичних ресурсів за 2017-2019 роки наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Споживання ПЕР за 2017-2019 рр

Споживання ПЕР за 2017 р	
Електроенергія	3752 кВт·год/3951,31 грн
Теплова енергія	330,75 Гкал/310587,91 грн
Холодна вода	9597 м3/92769,82 грн
Споживання ПЕР за 2018 р	
Електроенергія	748 кВт·год/1121,17 грн
Теплова енергія	276,81 Гкал/367042,22 грн
Холодна вода	8302 м3/112279,37 грн
Споживання ПЕР за 2019 р	
Електроенергія	1145 кВт·год/1923,6 грн
Теплова енергія	334,17 Гкал/441992,03 грн
Холодна вода	8783 м3/135743,00378 грн

2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

2.1 Огороджувальні конструкції будівлі

Зовнішні стіни житлового будинку мають товщину 0,36 м та виконані з цегли, з внутрішньої сторони покриті шаром цементно-піщаної штукатурки 0,2 м. При візуальному огляді руйнувань стін не виявлено. Зовнішні стіни будівлі можна побачити на рисунку 1.1.

Загальна площа стін складає 2304 м². Детальні відомості про житловий будинок наведені в табл. 2.1-2.7.

Таблиця 2.1 – Загальна інформація щодо огороджувальних конструкцій

Загальна площа житлових приміщень (м ²)	2956	Опалювальна площа (м ²)	2737,8
Опалювальний об'єм (м ³)	7802,7	Висота одного поверху (м)	2,85

Таблиця 2.2 – Склад зовнішніх стін ЖБ

Конструкція стіни	Цегла на цементно-піщаному розчині $\delta=0,36$ м	Теплоізоляція відсутня	Штукатурка $\delta=0,02$
-------------------	-------------------------------------------------------	------------------------	-----------------------------

Таблиця 2.3 – Площа зовнішніх стін (несвітлопрозорі конструкції) ЖБ

Орієнтація	Пд	Пн	Зх	Сх
Площа стіни (м ²)	180	180	682	672
Загальна площа (м ²)	1714			

Таблиця 2.4 – Характеристики світлопрозорих конструкцій ЖБ

	Площа одного	Тип матеріалу	Кількість				Тип заскл
			Пд	Пн	Зх	Сх	
1	2	3	4	5	6	7	8
Площа вікон (м²)	3	Д			125	140	2зас
		МП			165	150	3зас
Загальна площа, м²		580					
Тип матеріалу		Д-дерево, МП-металопластик,					
Тип засклення		2зас –подвійне засклення					

Таблиця 2.5 – Площа дверей ЖБ

Орієнтація	Площа одного, м ²	Кількість, шт	Тип матеріалу
Пн, Пд, Зх	0	0	
Сх	2,5	4	С
Загальна площа (м ²)	10		
Тип матеріалу	С- Сталь		

Таблиця 2.6 – Склад даху ЖБ

Дах/стіна/стеля	
Залізобетонні блоки $\delta=0,15\text{м}$, цементно-піщана стяжка (цпс) $\delta=0,01\text{м}$, гравій керамзитовий $\delta=0,1\text{м}$	Теплоізоляція відсутня

Таблиця 2.7 – Площа даху ЖБ

ОК	Площа, м ²	Товщина, м
Плита даху	746	0,26

Результати розрахунку тепловтрат будівлі представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через стіни	86,4 кВт
Тепловтрати через вікна	62,8 кВт
Тепловтрати через двері	1,1 кВт
Тепловтрати через стелю	26,3 кВт
Тепловтрати через підлогу	57,3 кВт
Загальні тепловтрати	233,9 кВт

Розрахувавши енергоспоживання будинку, отримали баланс тепловтрат через зовнішні огороження будинку, що зображено на рисунку 2.1.

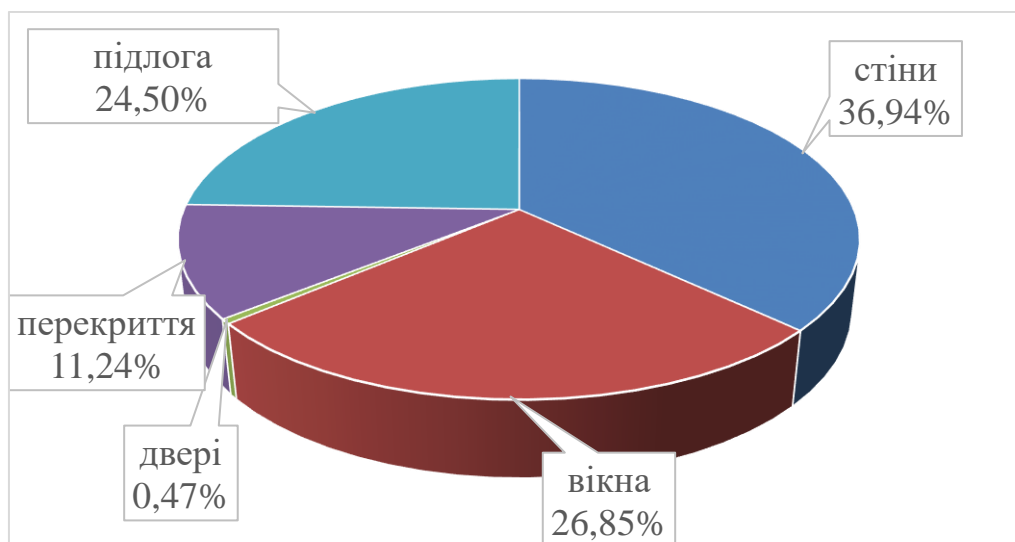


Рисунок 2.1 – Тепловтрати через зовнішні огороження будинку

Як бачмо з діаграми, найбільше тепловтрат припадає на стіни та вікна. Також значний відсоток втрачаємо через підлогу першого поверху.

Жоден з розрахованих термічних опорів не відповідає нормативному, різниця проілюстрована в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Порівняння термічних опорів з нормативним значенням

	R, ($\text{m}^2\text{°C}$)/Вт	R*, ($\text{m}^2\text{°C}$)/Вт	У скільки разів відрізняється
Термічний опір стін	0,83	3,3	3,8 р
Термічний опір вікон в дерев'яних рамах	0,34	0,75	2,2 р
Термічний опір металопластикових вікон	0,44	0,75	1,7 р
Термічний опір стелі	1,13	4,95	4,4 р
Термічний опір підлоги	0,52	3,75	7,2 р
Термічний опір дверей	0,38	0,65	1,7 р

2.2 Джерела теплопостачання

Житловий будинок використовує такі види енергоносіїв, як електрична та теплова енергія, вода та газ. Розрахунок за спожиті енергоресурси здійснюється за показами існуючих вузлів обліку теплової енергії, електроенергії, води та газу.

Електроенергію використовують для забезпечення побутових потреб: освітлення приміщень, роботу техніки та кухонного обладнання. Теплова енергія використовується для опалення житлових приміщень та місць загального користування. Для забезпечення гарячого водопостачання в кожній квартирі встановлена газова колонка.

Теплопостачання централізоване, проте жителі будинку планують встановити котел та перейти на індивідуальне теплопостачання.

Для оцінки частки споживаної енергії, приведемо електричну та теплову енергію до спільних одиниць виміру – кВт·год. Результати зведемо до таблиці 2.10. Наочно можемо спостерігати споживання енергоносіїв в натуральних одиницях на рисунку 2.2, і в грошових одиницях на рисунку 2.3, обидва варіанти розглянемо для 2019 року.

Таблиця 2.10 – Структура оплати та споживання енергоносіїв за 2017-2019рр

рік	Енергоносіїв од. виміру	Електроенергія	Опалення	Вода
2017	кВт*год	3752,00	384662,54	-
	%	0,97	99,03	
	грн	3951,31	310587,91	92769,82
	%	0,97	76,25	22,78
2018	кВт*год	748,00	321934,81	-
	%	0,23	99,77	
	грн	1121,17	367042,22	112279,37
	%	0,23	76,40	23,37
2019	кВт*год	1145,00	388639,99	-
	%	0,29	99,71	
	грн	1923,60	441992,03	135743,78
	%	0,33	76,25	23,42

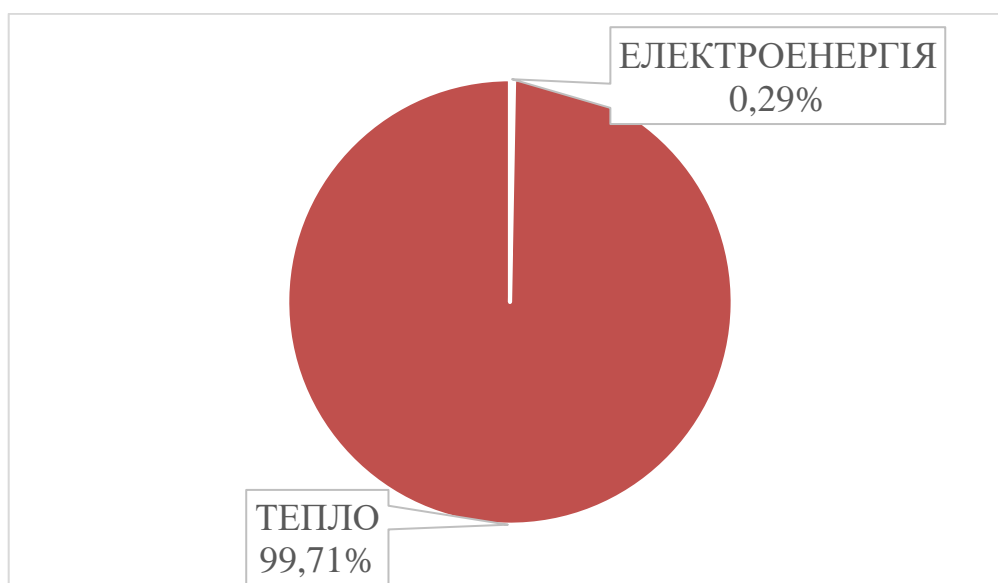


Рисунок 2.2 – Діаграма споживання енергоносіїв в натур. одиницях у 2019 році

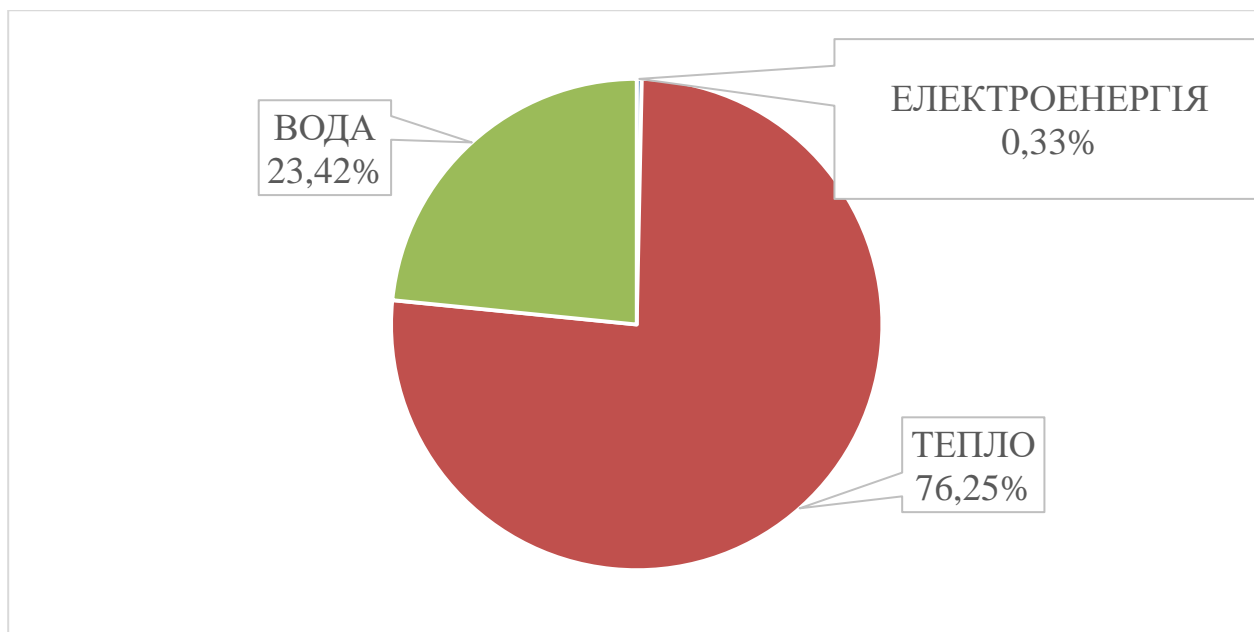


Рисунок 2.3 – Діаграма споживання енергоносіїв в грошових одиницях у 2019 році

З діаграми видно, що найбільше коштів витрачається на сплату теплової енергії, тому слід звернути увагу на енергозберігаючі заходи в системах теплопостачання.

2.3 Система опалення

В будинку присутній тепловий пункт, від якого здійснюється теплопостачання. Система теплопостачання однотрубна, схема підключення системи опалення до теплових мереж представлена на рисунку 2.4. Насосно-змішувальний вузол для системи теплопостачання будинку зображено на рисунку 2.5. Облік теплової енергії ведеться тепловим лічильником МРТ Gros, що зображено на рисунку 2.6. Оплата за опалення здійснюється за показами цього лічильника.

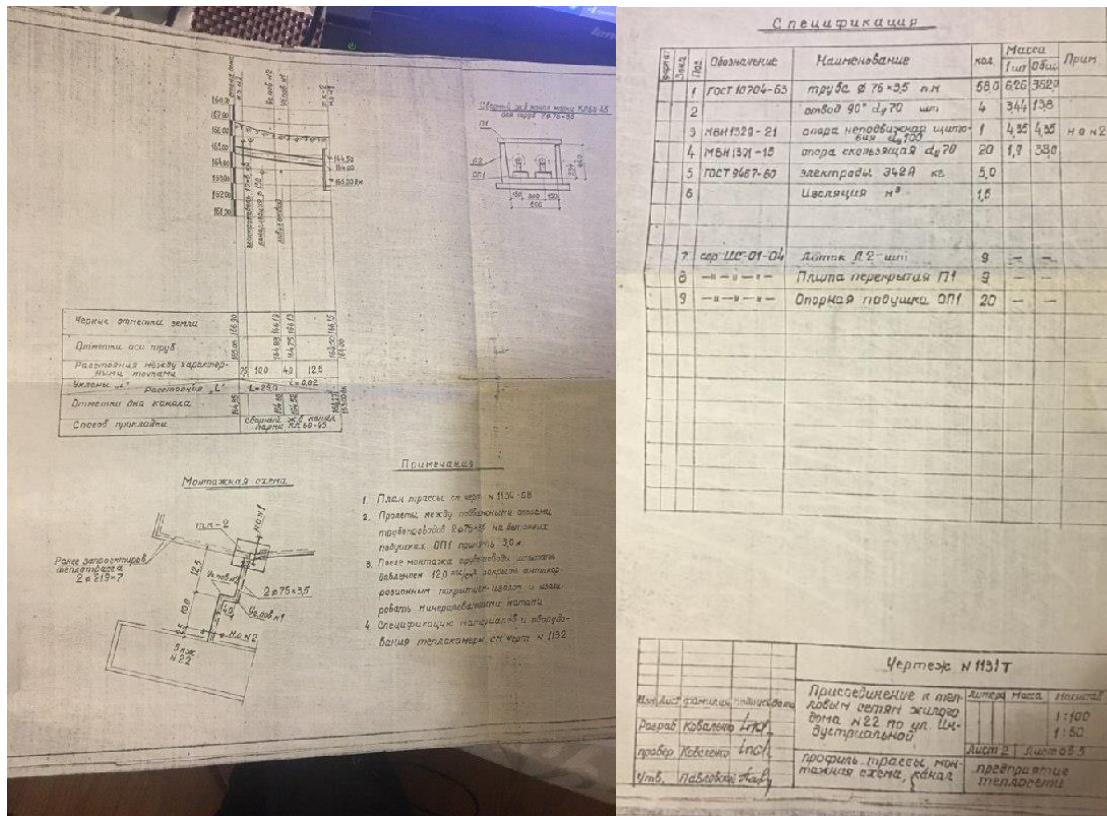


Рисунок 2.4 – Схема приеднания до теплових мереж житлового будинку

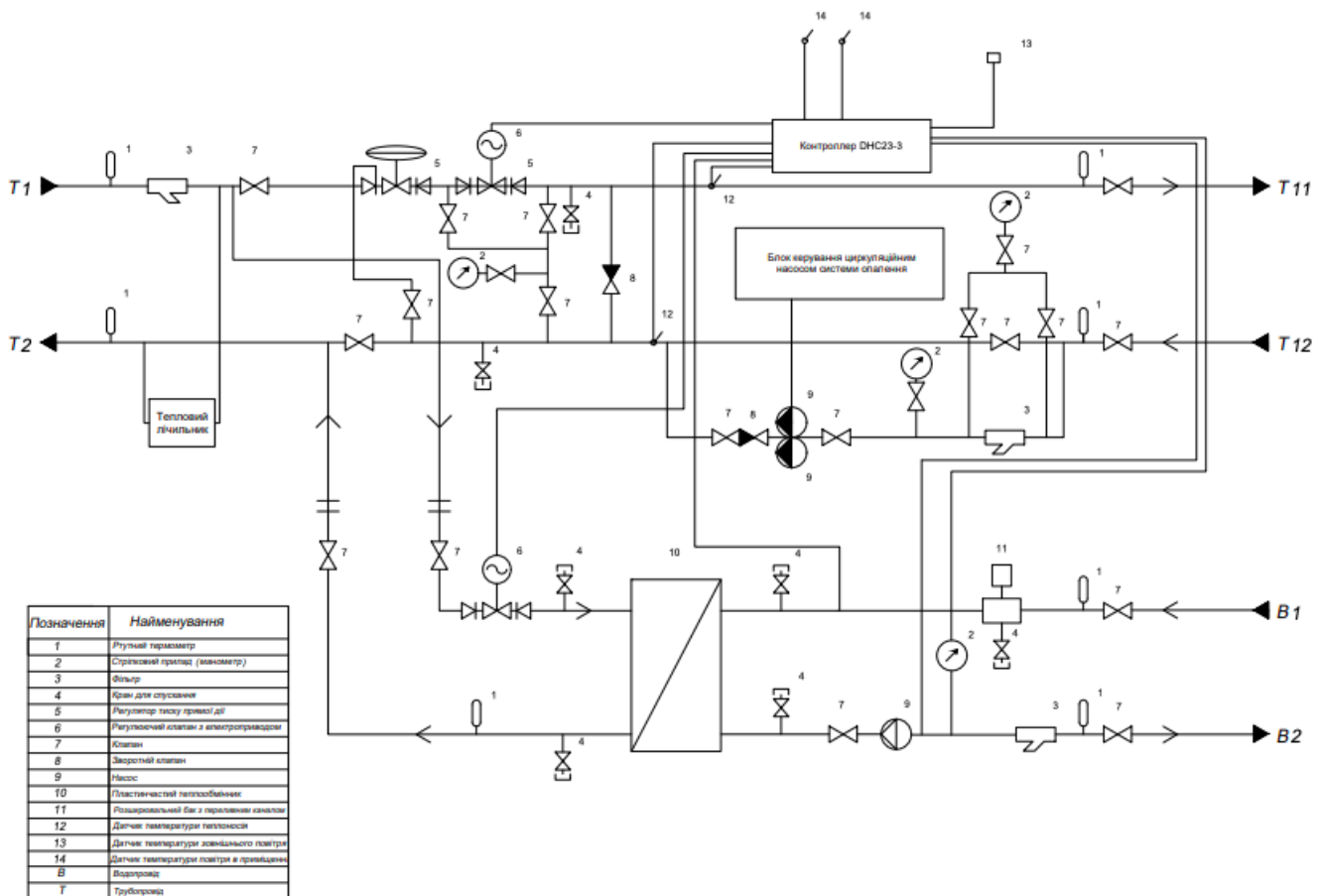


Рисунок 2.5– Система теплопостачання будинку



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд лічильника спожитої теплової енергії

Внутрішня система опалення однотрубна (постійний гідравлічний режим). Нагрівальні елементи – чавунні радіатори, висотою 50 см, зображені на рисунку 2.7. У місцях загального користування їх кількість 20 штук. Система не є налагодженою, відсутня балансувальна арматура на стояках системи.



Рисунок 2.7 – Нагрівальні елементи системи опалення

На кадрах тепловізійної зйомки радіаторів (рисунок 2.8) видно, що вони прогріваються нерівномірно, це свідчить про їх засміченість.

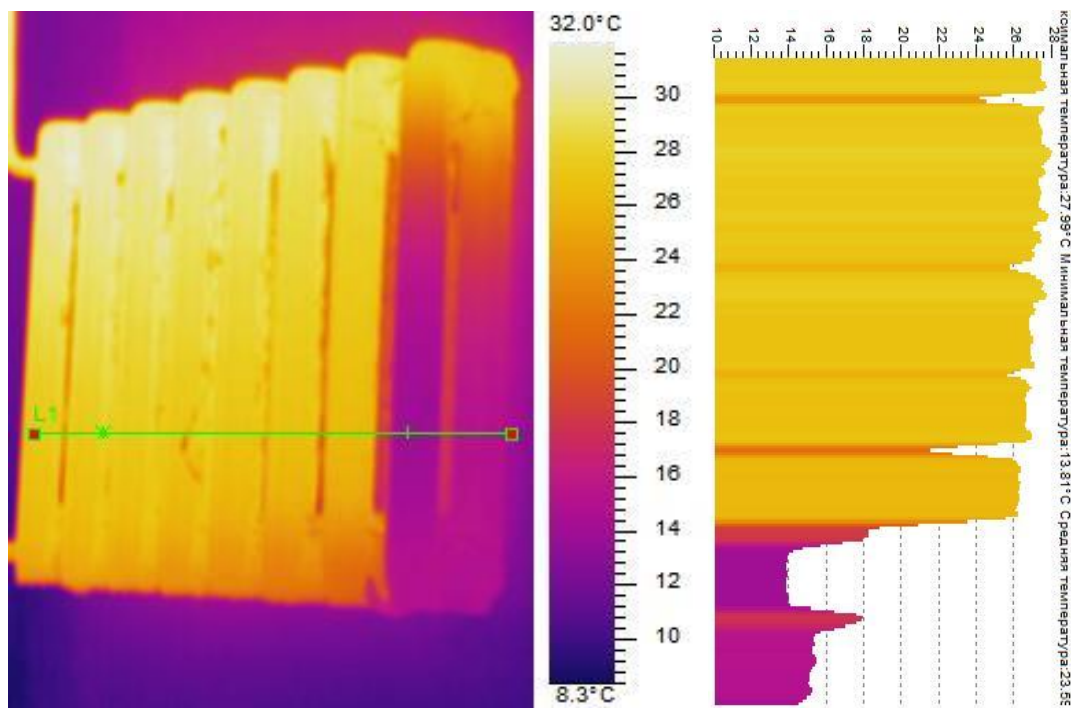


Рисунок 2.8 – Тепловізійна зйомка радіаторів системи опалення

Розрахункова температура зовнішнього повітря становить -22°C , середня температура $-0,1^{\circ}\text{C}$, температура повітря в приміщенні $+18^{\circ}\text{C}$. Опалювальний період в середньому триває 171 добу.

Теплова енергія в житловому будинку використовується для опалення приміщень, тому споживання спостерігається лише в опалювальний період. Дані про річне споживання теплової енергії наведені в таблиці 2.11 та проілюстровані на рисунку 2.9.

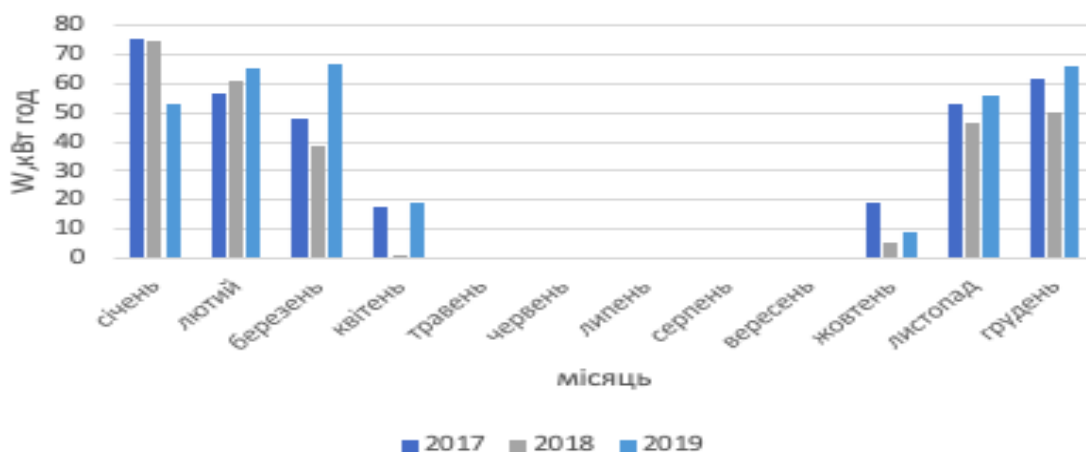


Рисунок 2.9 – Графік споживання теплової енергії за 2017-2019рр.

Таблиця 2.11 – Річне споживання теплової енергії в 2017-2019рр.

	2017		2018		2019	
	Гкал	грн	Гкал	грн	Гкал	грн
січень	75,20	47926,46	74,39	98641,00	52,80	70004,96
лютий	56,60	36072,25	61,16	81100,09	64,88	86027,77
березень	47,70	30400,16	38,41	50928,64	66,33	87947,74
квітень	17,70	11280,56	0,86	1138,16	19,39	25708,26
травень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
червень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
липень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
серпень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
вересень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
жовтень	19,04	26367,66	5,49	7275,92	9,32	12284,55
листопад	52,92	73271,12	46,33	61426,12	55,83	73555,77
грудень	61,59	85269,69	50,18	66532,29	65,63	86462,97
всього	330,75	310587,91	276,81	367042,22	334,17	441992,03

У січні та грудні 2017 року, в січні та лютому 2018 року, в лютому, березні та грудні 2019 року середня температура навколишнього середовища була низькою, тому споживання теплової енергії було більшим, що можемо спостерігати на рисунку 2.9.

2.4 Системи водопостачання та водовідведення

В житловому будинку вода використовується для побутових потреб та для приготування їжі. В кожній квартирі присутня газова колонка для потреб ГВП. Дані про споживання води занесемо до таблиці 2.12 та проілюструємо на рисунку 2.10.

Таблиця 2.12- Річне споживання води в 2017-2019рр.

	2017		2018		2019	
	м3	грн	м3	грн	м3	грн
січень	1023,00	9888,87	570,00	7706,11	715,00	11050,53
лютий	782,00	7559,24	856,00	11572,68	880,00	13600,65
березень	826,00	7984,57	596,00	8057,62	606,00	9365,90
квітень	1017,00	9830,87	595,00	8044,10	639,00	9875,93
травень	746,00	7211,24	628,00	8490,24	701,00	10834,16
червень	813,00	7858,90	639,00	8638,95	775,00	11977,85
липень	814,00	7868,57	726,00	9815,15	735,00	11359,64
серпень	647,00	6254,25	609,00	8233,37	846,00	13075,17
вересень	636,00	6147,92	770,00	10410,01	710,00	10973,25
жовтень	795,00	7684,90	798,00	10788,55	790,00	12209,68
листопад	899,00	8690,22	681,00	9206,77	647,00	9999,57
грудень	599,00	5790,26	837,00	11315,81	739,00	11421,46
всього	9597,00	92769,82	8305,00	112279,37	8783,00	135743,78

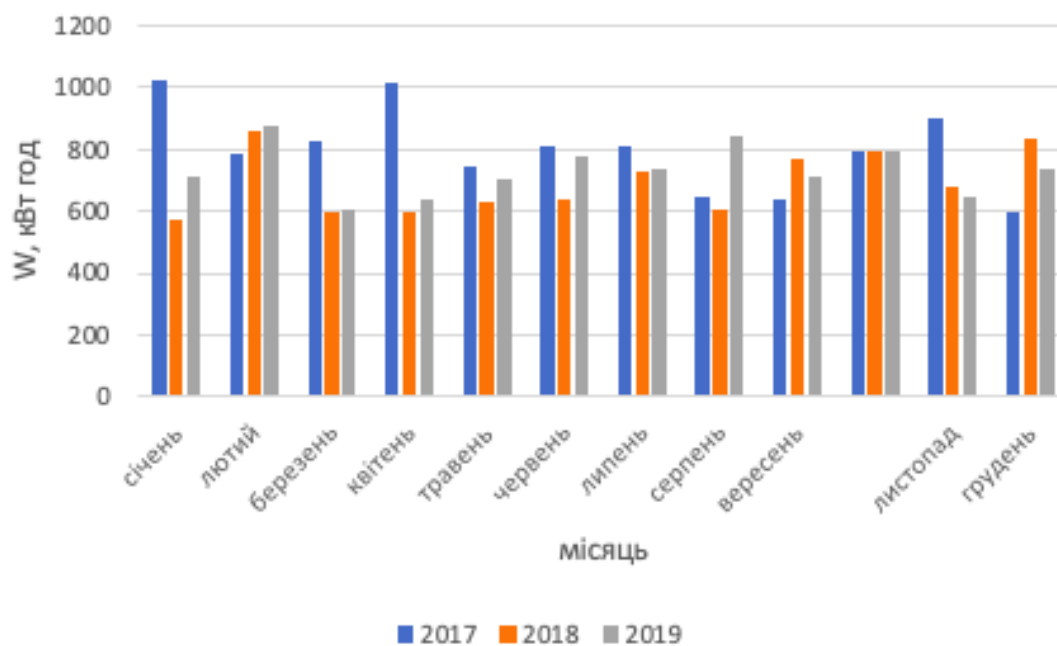


Рисунок 2.10 – Графік споживання води у 2017-2019 рр

2.5 Система електропостачання

2.5.1 Дослідження СЕП об'єкту

Об'єктом дослідження є житловий будинок за адресою м. Київ вул. Вадима Гетьмана, 22, що має 5 поверхів, 4 секції, 60 квартир.

Загальна площа житлових приміщень – 2956 м². Загальна площа підлоги над неопалювальним підвалом 746 м².

Житловий будинок використовує такі види енергоносіїв: електрична енергія, тепла енергія, вода, а також газ.

Розрахунок за спожиті енергоресурси здійснюється за показами існуючих вузлів обліку теплової та електричної енергії, води та газу.

Електрична енергія використовується для забезпечення побутових потреб: роботу кухонного обладнання, техніки та освітлення приміщень. Система теплопостачання оснащена тепlopунктом. Теплова енергія використовується на опалення житлового будинку. Вода використовується для забезпечення побутових потреб. Газ використовується в основному для забезпечення гарячого водопостачання (в кожній квартирі є газова колонка), а також для приготування їжі. Дані про споживання електричної енергії зведемо у таблицю 2.13. Споживання за місяцями зобразимо на рисунку 2.11.

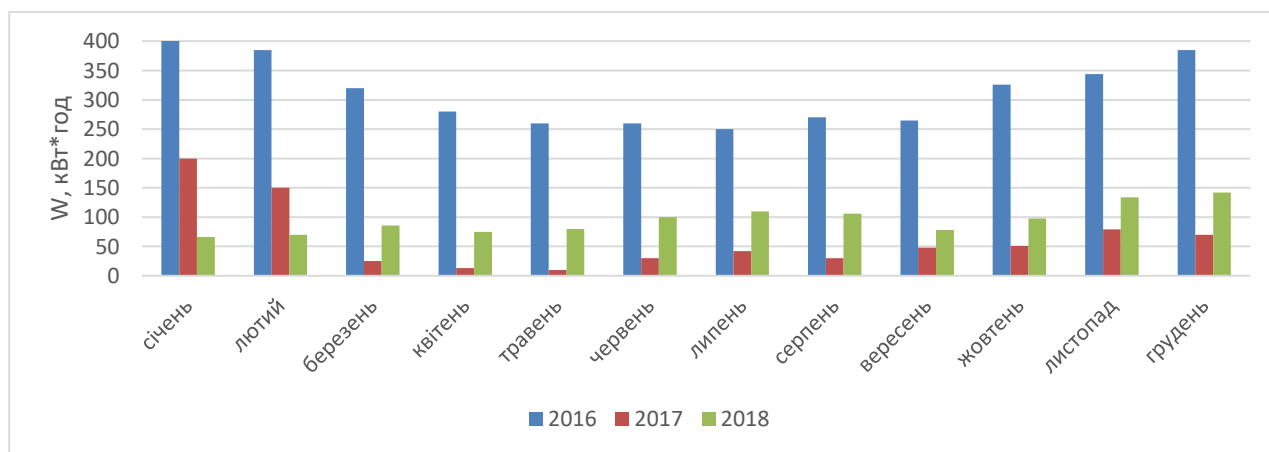


Рисунок 2.11 – Графік споживання електричної енергії за 2016-2018рр.

Таблиця 2.13- Річне споживання електричної енергії за 2017-2019рр.

	2017		2018		2019	
	кВт*год	грн	кВт*год	грн	кВт*год	грн
січень	407	427,35	200	300	66	110,88
лютий	385	404,25	150	225	70	117,6
березень	320	336	25	37,5	86	144,48
квітень	280	294	13	19,5	75	126
травень	260	273	10	15	80	134,4
червень	260	273	30	45	100	168
липень	250	262,5	42	63	110	184,8
серпень	270	283,5	30	45	106	178,08
вересень	265	278,25	48	72	78	131,04
жовтень	326	342,3	51	76,5	98	164,64
листопад	344	361,2	79	118,5	134	225,12
грудень	385	404,25	70	105	142	238,56
всього	3752	3951,31	748	1121,17	1145	1923,6

Споживання електричної енергії рівномірне протягом року, але взимку та восени тривалість світлового дня менше і більше часу використовується освітлення. Як бачимо з таблиць, у 2018 році споживання різко скоротилось, це пов'язано з тим, що були замінені лампи. Замість ламп розжарювання встановили 30 LED-ламп по 5-7 Вт. У 2019 році частина ламп перегоріла і жителі будинку замінили їх на лампи розжарювання, тому споживання знову збільшилось.

За використані енергоносії (електро-, теплова енергія та вода) житловий будинок розраховується за показами лічильників.

У 2016 році тариф на електроенергію склав 1,05 грн/кВт·год. У 2017 році тариф виріс на 43% та склав 1,5 грн/кВт·год. А у 2018 р. його підвищили ще на 12% до 1,68 грн/кВт·год, яким він є і зараз. Однозначно, тарифи на електричну енергію

продовжать своє зростання, що збільшить економічну доцільність впроваджених заходів з енергозбереження та, як наслідок, зменшать їх термін окупності, проте темпи зростання важко прогнозувати, оскільки в 2019 році темп зростання значно сповільнився.

Проведемо STEP-аналіз для системи електропостачання будинку, результати наведено в таблиці 2.14. STEP-аналіз допомагає виявити політичні, економічні, соціальні та технологічні фактори впливу на об'єкт.

Таблиця 2.14 – STEP-аналіз СЕП житлового будинку

Політичні	Економічні
<ul style="list-style-type: none"> - Зміна законодавства - Державне регулювання в сфері електропостачання - Державне регулювання конкуренції - Політична нестабільність у світі - Спроби перерозподілу ресурсів та нового поділу світу 	<ul style="list-style-type: none"> - Інфляція - Динаміка курсу національної валюти - Попит - Ринок - Підвищення цін постачальника - Зниження купівельної спроможності споживачів
Соціальні	Технологічні
<ul style="list-style-type: none"> - Зміни в стилі і рівні життя - Демографічний стан - Релігійні фактори - Вплив ЗМІ 	<ul style="list-style-type: none"> - Розвиток технологій - Нові продукти (розвиток альтернативних джерел) - Підвищення надійності постачання

2.5.2 Аналіз поточного технічного стану

Опис схеми зовнішнього електропостачання об'єкта

Схема електропостачання будинку виконана за третьою категорією надійності електричного постачання.

Електропостачання житлового будинку здійснюється від трансформаторної підстанції ТП-4051 (рис.2.12). У ТП встановлено два трансформатори ТМ 1000, $S=1000$ кВА, напругою 10/0,4 кВ (ввід 1 робочий, ввід 2 – резервний). Житловий будинок живиться від ТП двома кабелями невідомої марки та перерізу.

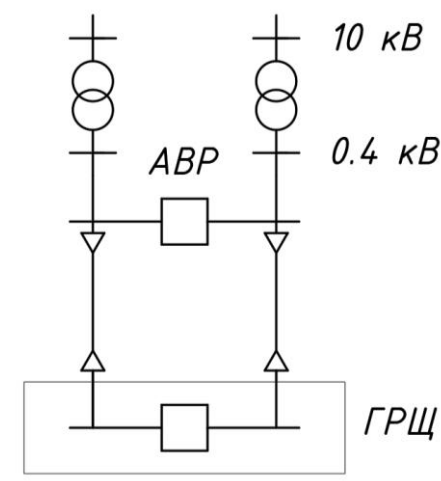


Рисунок 2.12 – Загальна схема електропостачання будинку

Житловий будинок сплачує за електричну енергію за фактичними показниками лічильника, що знаходиться у щитовій та зображений на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 – Електричний лічильник

Опис схеми внутрішнього електропостачання об'єкта

На кожному поверсі розташований РЩ, який забезпечує живлення квартир електричною енергією, тобто один РЩ розрахований на 3 квартири. ГРЩ, що забезпечує живлення усіх РЩ, знаходиться в щитовій.

В будинку комерційний облік споживання електроенергії будинку реалізований поквартирно, також встановлений лічильник для обліку енергії, споживаної місцями загального користування (рис. 2.13).

Внутрішня система електропостачання будинку застаріла, не мінялась з часів побудови (тобто з 1961 року). Потрібно замінити електричну проводку на нову, оскільки мешканці помітили часті перебої в електропостачанні.

Характеристика трансформаторних підстанцій (вузлів розподілу електричної енергії) та їх завантаження.

Живлення ЖБ на вулиці Гетьмана, 22 відбувається за допомогою ТП-4051, яка на момент проведення дослідження знаходилася на балансі ДТЕК «Київські електричні мережі».

Через те, що трансформаторна підстанція має іншого власника, ми не володіємо правом на проведення дослідження систем розподілу ТП, розробляти заходи з енергозбереження і рекомендувати будь-які додаткові рішення щодо трансформаторної підстанції.

Границя балансової належності і межа експлуатаційної відповідальності прописується в акті розмежування балансової та експлуатаційної відповідальності сторін, відповідно до цього акту межею експлуатаційної відповідальності вузол з'єднання загальнобудинкового комерційного лічильника електроенергії з мережею.

Характеристика основних споживачів електроенергії загальнобудинкових потреб.

Особливістю і складністю проведення енергоаудиту багатоквартирного житлового будинку є недоступність дослідження приватних квартир, енергоаудит окремих квартир і рекомендації щодо рівня енергоефективності може проводитися лише при замовленні мешканців, тому дослідження і аналіз споживачів електроенергії на об'єкті можливе лише на загальнобудинкових територіях, а саме: під'їзд, сходові клітини, техприміщення будинку.

До споживачів електричної енергії під'їзду, сходових клітин та технічних приміщень можна віднести лампи розжарювання та електродіодні лампи (таблиця 2.15)

Таблиця 2.15 - Споживання електроенергії житловим будинком

Найменування обладнання	Встановлена потужність $P_{вст}$, кВт	К-ть обладнання, шт	Загальна встановлена потужність, $P_{з.вст}$, кВт	Коефіцієнт використання	Середня потужність обладнання, $P_{сер}$, кВт	Тривалість роботи, год/міс	Загальне споживання, кВт
Освітлення сходових клітин:							
Лампи розжарювання	0,075	7	0,525	0,75	0,39	540	212,6
LED - лампи	0,007	23	0,161	0,75	0,12	540	65,2
Енергоефективне зовнішнє освітлення	0,012	4	0,048	0,75	0,036	540	19,44
Освітлення теплопункту	0,075	1	0,075	0,75	0,056	5	0,28
Всього:							297,48

Баланс буде виглядати так:

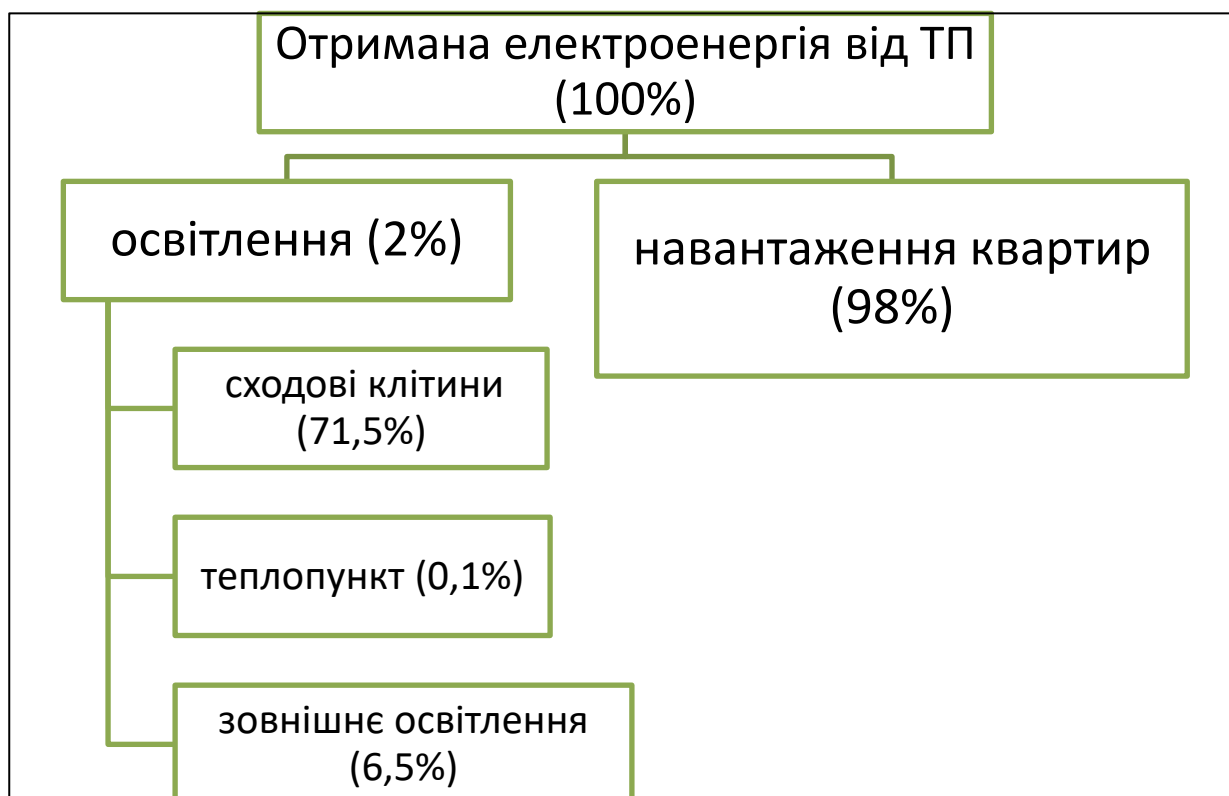


Рисунок 2.14 – Баланс електроенергії

Слід звернути увагу на те, що більша частина електроенергії споживається саме лампами розжарювання. Їх варто замінити на LED-лампи, це дозволить економити значну кількість електроенергії, а отже і коштів.

Проведемо SWOT-аналіз системи електропостачання будинку (таблиця 2.16)

Таблиця 2.16 – SWOT-аналіз СЕП

Сильні сторони	Можливості
- Відносно надійне постачання електричної енергії	<ul style="list-style-type: none"> - Модернізація, реконструкція - Заміна електропроводки дасть можливість зекономити кошти на можливих аваріях - Перехід на альтернативні джерела енергетики

Продовження таблиці 2.16 – SWOT-аналіз СЕП

Слабкі сторони	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Застаріле обладнання - Відсутня пожежна безпека - Високий знос обладнання 	<ul style="list-style-type: none"> - Моральне старіння більшості обладнання вимагає значних капіталовкладень - Повільні темпи інвестування в розвиток мережі негативно позначається на надійності електропостачання - Можливість пошкодження системи

2.5.3. Шляхи підвищення ефективності використання енергоресурсів

Заміна ламп розжарювання на LED-лампи

В під'їздах житлового будинку встановлено 7 ламп розжарювання, які є недостатньо ефективними.

Пропонується замінити їх на LED-лампи потужністю 7 Вт. Загальний вигляд ламп розжарювання і LED-ламп представлено на рисунку 2.15.



Рисунок 2.15 – Лампа розжарювання та світлодіодна лампа

Вся електроенергія, що споживається будинком, витрачається на освітлення, лампи розжарювання споживають 71,5% від загального споживання електроенергії. Запропонована LED-лампа забезпечить кращий світловий потік 800 лм при меншому енергоспоживанню, у порівнянні з лампами розжарювання (потужність 60 Вт, світловий потік 710 лм). Завдяки заміні ламп підвищиться рівень освітленості у під'їзді, а отже перебування на сходових клітинах буде більш безпечним та комфортним.

Заміна кабельних ліній та електропроводки всередині будинку

Будівля побудована в 1961 році. На сьогоднішній день стан електропроводки у будинку незадовільний, оскільки у квартирах все більше нових, сучасних електроприладів, через це навантаження на електропроводку збільшилось в кілька разів. Термін експлуатації електропроводки близько 20 років, потім ізоляція починає руйнуватись, а це може стати причиною загоряння.

Тому пропонується провести повну її модернізацію.

Обираємо такі види кабелів:

- кабель для живлення будинку від ТП – АВВГ 4х70
- кабель для живлення квартир АВВГ 5х25 для кожного з 4 під'їздів
- кабель мережі освітлення – АВВГ 3х10 для кожного під'їзду.

В даному випадку економії немає, адже навантаження побутових приладів не зміниться, проте цей захід є дуже важливим з точки зору протипожежної безпеки.

Встановлення датчиків руху

Для освітлення коридорів будинку використовуються лампи розжарювання та LED-лампи загальною кількістю 30 шт. Вони увімкнені 12 годин на день. Проте присутність людей у місцях загального користування не більше 8 годин на день.

Встановлення датчиків руху в коридорах дозволить автоматично вимикати освітлення в коридорах при відсутності людей.

Пропоную встановити по одному безпроводному датчику руху Ajax WS-301 на кожен поверх, загальна кількість датчиків складе 30 шт. Вигляд датчика зображено на рисунку 2.16.



Рисунок 2.16 – Датчик руху

Система автоматичного регулювання опалення

Система опалення ОСББ спроектована за старими стандартами має безліч недоліків, таких як розбалансування, перетопи в деяких квартирах, неможливість регулювання системи. Для вирішення цієї проблеми, а також для використання потенціалу енергозбереження запропоновано впровадити систему автоматичного регулювання і балансування системи опалення.

Для встановлення системи рекомендується мати індивідуальний тепловий пункт, який вже наявний в будинку. В кожному з 4 під'їздів встановлюється проміжний контролер під управлінням якого, знаходяться клапани регулювання витратою теплоносія на кожному стояку. Ззовні будинку знаходиться датчик температури і активності сонячної радіації. Все обладнання підключається до головного контролера управління (рис. 2.17).



Рисунок 2.17 – Головний контролер системи автоматичного управління і балансування системи опалення

Вищеописана система забезпечує автоматичне балансування тисків по стояках, дозволяє зменшувати потужність системи опалення у періоди тимчасового потепління та налаштувати пониження температури у приміщеннях у вказні години.

Оскільки регулювання здійснюється по стояках, це дозволяє мешканцям на зборах ОСББ прийняти рішення, щодо температури, часу та приміщень в яких, впроваджувати регулювання. Економія від такого заходу може досягати 20% за опалювальний сезон.

2.5.4. Пропозиції з модернізації системи електропостачання об'єкту

Завдання магістерської дисертації полягає у застосуванні динамічного енергетичного моделювання для енергоаналізу будівель при енергоефективній модернізації.

Програмне забезпечення, що застосовувалося, створене для детального аналізу теплових потоків у приміщеннях, тому не має можливостей до детального дослідження електричної складової будівлі. Модель враховує лише питомі

приблизні показники, Вт/м², для освітлення і електроприладів, тобто складову, що впливає на теплопотребу будівлі.

Було б доцільно врахувати в моделі конкретне обладнання, його кількість та потужність. Оскільки в дослідженнях енергоспоживання об'єкта ми змінювали параметри системи опалення, то це також спричиняє зміни у використанні електричних опалювальних приладів і іншого обладнання, яке не враховується. Також для повного енергоаналізу необхідно мати можливість реалізації заходів з енергозбереження в частині систем електропостачання.

Висновки до розділу

У роботі проведений аналіз впливу ринкових змін на житловий будинок. Розглянута структура постачання електричної енергії кінцевому споживачу. На сьогоднішній день в Україні за постачання і за розподіл електричної енергії відповідають різні компанії: постачальник електричної енергії і оператор системи розподілу. Для житлового будинку на вул. Вадима Гетьмана, 22, оператором системи розподілу виступає ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі».

Тарифна політика характеризується постійним стабільним зростанням цін на електричну енергію, це робить заходи з енергозбереження ще більш ефективними.

На об'єкті проведений огляд систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Живлення будинку забезпечується від однієї трансформаторної підстанції ТП-4051. Стан внутрішньої мережі електросистеми перебуває у незадовільному стані. Основними споживачами на загальнобудинковій території є освітлення сходових клітин. Розраховано навантаження, а також проаналізовано фактичне споживання електричної енергії і складений баланс споживання електроенергії на загальнобудинкових територіях.

В будинку встановлені індивідуальні комунальні лічильники обліку електричної енергії у кожній квартирі, а також загальні лічильники для обліку споживання електроенергії на потреби житлового будинку.

Наявними тарифами не передбачена плата за споживання реактивної потужності, тому в досліджуваному будинку не ведеться облік та компенсація реактивної енергії.

Розроблено ряд корисних заходів, впровадження яких дозволить підвищити рівень енергетичної ефективності будівлі і зменшити фінансові затрати за споживання енергоресурсів. Пріоритетними до реалізації заходами мають стати ті, що зменшать споживання найбільш енергоємних споживачів, тобто заходи, що стосуються ліфтів і систем освітлення. Було запропоновано замінити прилади освітлення на енергоефективні, модернізувати систему освітлення датчиками присутності, а також замінити електропроводку в будинку.

3 ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

3.1 Огляд методів розрахунку енергоспоживання

Існуючі методи визначення показників енергетичної ефективності будівель враховують лише річну енергопотребу будівлі на опалення та не беруть до уваги витрати енергії на охолодження та підготовку гарячої води.

Загалом, існує три методи розрахунку енергоспоживання:

- стаціонарний
- квазістаціонарний
- динамічний.

Стаціонарні методи розрахунку, які найбільш широко використовуються в Україні, дозволяють проводити розрахунок визначення енергопотреби будівлі на опалення в річному розрізі і не враховують інерційні особливості будівлі.

Квазістаціонарні методи використовують для розрахунку теплових балансів для досить тривалого інтервалу часу (зазвичай один місяць або цілий сезон), динамічні процеси використання надходжень або втрат приймають до уваги за емпірично визначеним коефіцієнтом. Для детального аналізу енергетичних характеристик доцільно використовувати нестаціонарні та/або динамічні моделі розрахунку енергоспоживання та енергопотреби.

В динамічних методах тепловий баланс розраховують за короткотривалими часовими інтервалами (зазвичай одна година), беручи до уваги обсяг тепла, що вивільняється від масиву будівлі або акумулюється в неї.

У Стандарті EN ISO 13790, який введений в Україні, представлено методи для розрахунку витрат енергії на опалення, охолодження будівлі.

Стандарт надає два основні типи методик розрахунку енергоспоживання на опалення та охолодження:

- квазістаціонарні методи, за якими для визначення споживання за рік або сезон тепловий баланс розраховують за місячними інтервалами часу, що дозволяє прийняти до уваги динамічні ефекти за емпірично визначеним коефіцієнтом використання надходжень та/або втрат;
- динамічні методи, за якими тепловий баланс розраховують за короткотривалими часовими періодами (зазвичай одна година), беручи до уваги обсяг тепла, що акумулюється в або вивільняється від масиву будинку за допомогою приведення розрахунку до вузлів.

На основі даного стандарту розроблений метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та ГВП. Використана в цих стандартах методика дозволяє розділити будівлю на декілька зон, використовувати різні часові інтервали, тим самим досягти більшої точності розрахунку. На зміну стандарту ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 введений метод розрахунку за ДСТУ Б А.2.2-12:2015, що є заснований на квазістаціонарному підході з стандарту та включає визначення потреби на опалення, охолодження, ГВП та базується на визначені місячних показників (квазістаціонарний метод розрахунку). У зв'язку з цим отримав розвиток стандарт ДБН В.2.6-31:2006, введено стандарт ДБН В.2.6-31:2016. Нормативні значення питомих показників енергоефективності для груп будівель, також переглянуто, вони тепер включають енергопотребу на опалення, охолодження та ГВП.

Для детального аналізу енергетичних характеристик доцільно використовувати динамічні моделі розрахунку енергоспоживання. Другий підхід європейського стандарту базується на спрощеному погодинному методі розрахунку енергоспоживання. В стандарті запропонована модель – п'ять опорів, одна ємність (5R1C) [4, 5]. Даний метод не набув широкого вжитку в Україні і потребує накопичення та аналізу досвіду використання .

Сучасні комп'ютерні технології і програмне забезпечення дозволяють без складнощів створити динамічну математичну модель об'єкта майже будь-якої складності для подальшого її використання у наукових і професійних цілях.

Динамічна модель дозволяє детально дослідити окремі елементи об'єкту, а також роботу будівлі в цілому, виявити основні недоліки та оцінити шляхи їх вирішення. При наявності комп'ютерної моделі подальші затрати часу і фінансів на дослідження набагато нижче, ніж в альтернативних методах, при цьому результати роботи з динамічною моделлю зазвичай точніші і ближчі до реальних умов, оскільки використовують складні методи математичного розрахунку і враховують більшість факторів і умов, що можуть здійснювати вплив на роботу об'єкта.

3.2 Енергетичне моделювання в програмному середовищі RETScreen

Програмне середовище RETScreen дозволяє провести вичерпний аналіз і визначити технічну і фінансову доцільність потенційних проектів реновації будівель, а також їх енергетичну ефективність; крім того, з його допомогою можна провести вимірювання і контроль фактичної продуктивності підприємств і визначити можливості економії / виробництва енергії.

За допомогою RETScreen можна досліджувати можливості підвищення ефективності використання енергії в широкому діапазоні житлових, комерційних, адміністративних будівель і промислових об'єктів, а також для будинків на одну сім'ю, житлових комплексів, офісних будівель, лікарень, великих промислових будівель. Програмне забезпечення може бути використане для оцінки проектів, що включають різні заходи з підвищення енергоефективності, пов'язаних з огорожувальною конструкцією будівель, вентиляцією, освітленням, електрообладнанням, гарячим водопостачанням, насосами, вентиляторами, двигунами, процесами з використанням електроенергії, технологічної теплоти, технологічної пари, рекуперацією енергії, а також оцінити втрати тепла (пари), стисненого повітря тощо. Такий підхід є корисним як для нового будівництва, так і

для модернізації будівель. Програма передбачає можливості як для комплексного моделювання всіх об'єктів, так і надає можливість вивчати окремі об'єкти, підсистеми або квартири.

3.2.1 Ввід теплотехнічних характеристик будівлі

Інформація по проєкту		Див. базу проєктів
Назва проєкту	Комп'ютерний практикум	
Місце розташування проєкту	ІЕЕ НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"	
Підготовано для	"Енергозбереження та енергоменеджмент"	
Підготовано	Лігіна Марина Русланівна	
Тип проєкту	Заходи з енергозбереження	
Тип об'єкту	Житловий	
Тип аналізу	Метод 1	
Нормативна величина для опалення	Нижча теплота згорання	
Показати настройки	<input checked="" type="checkbox"/>	
Мова	Ukrainian - Українська	
Керівництво користувача	English - Anglais	
Валюта	\$	
Одиниці	Метричні одиниці	

Вихідні умови місцезнаходження		Оберіть кліматичну зону
Розміщення кліматичних даних	Kiev/Zhulyany	
Показат дані	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 3.1 – Інформація про проєкт

Паливо і графіки						<input checked="" type="checkbox"/> Показат дані			
Паливо		Вид палива 1		Вид палива 2		Вид палива 3			
Вид палива		Електроенергія		Природний газ - кВт-год		Природний газ - м³			
Споживання палива - одиниці		МВт-год		кВт-год		м³			
Вартість палива - одиниця		\$/кВт-год		\$/кВт-год		\$/м³			
Вартість палива		0.070		0.059		0.238			
Розклад		Одиниця		Розклад 1		Розклад 2		Розклад 3	
Опис				24/7		12-May			
Температура - опалення приміщень		°C		20.0		Зайнятий		Зайнятий	
Температура - кондиціювання приміщень		°C		24.0		24.0			
Температура - без людей		+/-°C				Незайнятий		18.0	
Коефіцієнт зайнятості - в день				год/день		Зайнятий		год/день	
Понеділок		24		24		12.0		12.0	
Вівторок		24		24		12.0		12.0	
Середа		24		24		12.0		12.0	
Четвер		24		24		12.0		12.0	
П'ятниця		24		24		12.0		12.0	
Субота		24		24		24.0		24.0	
Неділя		24		24		24.0		24.0	
Коефіцієнт зайнятості - в рік		год/рік		8,760		5,631			
		%		100%		64%			
Температура переключення опалення/охолодження		°C		10.0					
Тривалість опалювального сезону		д		167					
Тривалість сезону охолодження		д		198					

Рисунок 3.2 – Паливо і графіки роботи

		Базовий випадок				Запропонований випадок				
Північна сторона будівлі	°					0				<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому
Розклад		Розклад 1				Розклад 1				
Опис		24/7				24/7				
Оболонка будівлі		Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати
		Північ	Схід	Південь	Захід	Північ	Схід	Південь	Захід	
Стіни						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Площа	м²	180	672	180	682	180	672	180	682	
г-значення	м² - °C/Вт	0,83	0,83	0,83	0,83	3,6	3,6	3,6	3,6	\$ 100 423,75
<input checked="" type="checkbox"/> Вікно						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Площа	м²	0	290	0	290	0	290	0	290	
г-значення	м² - °C/Вт	0	0,48	0	0,5	0	0,77	0	0,77	\$ 3 136,25
Коефіцієнт теплопотоків від сонячної радіації										
<input checked="" type="checkbox"/> Сонячне затінення - сезон використання						<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Сонячне затінення - зима	%	9	8	7	8	9	8	7	8	
Сонячне затінення - літо	%	9	9	19	10	9	9	19	10	
<input checked="" type="checkbox"/> Двері						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Площа	м²	0	10	0	0	0	10	0	0	
г-значення	м² - °C/Вт	0	0,38	0	0	0	0,75	0	0	\$ 1 271
<input checked="" type="checkbox"/> Дах						<input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Площа	м²	746				746				
г-значення	м² - °C/Вт	1,13				4,95				\$ 27 975
<input checked="" type="checkbox"/> Підлога						<input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому				
Площа	м²	746				746				
г-значення	м² - °C/Вт	2				2				\$
<input type="checkbox"/> Стіна - нижче поверхні землі										
<input type="checkbox"/> Підлога - нижче поверхні землі										
Природна інфільтрація повітря		Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати
Метод		Швидкість повітрообміну								\$
Об'єм	м³	7 802,3				7 802,3				
Швидкість повітрообміну	зміни	0,8				0,2				
Природна інфільтрація повітря	л/сек	1733,8				433,5				
Додаткові капітальні затрати	\$					132 806				
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$									
Кількість одиниць оболонки будівлі		1				1				
Вибір системи		Опалення і охолодження				Опалення і охолодження				
Опалювальна система		Опалювальна система 1				Опалювальна система 1				
Опис опалювальної системи										
Опалення	МВт/год	197				74				62,6%
Система охолодження		Система охолодження 1				Система охолодження 1				
Опис системи охолодження										
Охолодження	МВт/год	101				38				62,6%

Рисунок 3.3 – Оболонка будівлі

		Базовий випадок	Запропонований випадок
Розклад		Розклад 1	Розклад 1
Опис		24/7	24/7
Потік	м³/год	7 802,3	4 681,38
Свіже повітря	%	0	100
Система промперегріву		Ні	Ні
Вибір системи		Опалення	Опалення
Управління вентилятором		Константа	Константа
Регулювання вентиляції		Константа	Константа
Витік в повітряній заслонці на вході		Що дає витік	Що дає витік
Ефективність утилізації тепла	%	0	80
Додаткові капітальні затрати	\$		19 454,5
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$		
Кількість вентиляційних установок		1	1
Опалювальна система		Опалювальна система 1	Опалювальна система 1
Опис опалювальної системи			
Опалення	МВт·год	18	11

Рисунок 3.4 – Вентиляція будівлі

	Базовий випадок	Запропонований випадок	
Площа підлоги	м²	200	
Освітлювальне навантаження на одиницю площі	Вт/м²	3,43	1,05
Робочі години	год/міс	120	120
Додаткові капітальні затрати	\$		245
Додаткова економія на експлуатації і обслуговуванні	\$		
Кількість одиниць		1	1
Електроенергія	МВт·год	1	0
			69,4%
<div> <div> Навантаження при охолодженні п </div> <div> <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні </div> </div>			
<div> <div> Навантаження при опаленні примі </div> <div> <input type="radio"/> Так <input checked="" type="radio"/> Ні </div> </div>			

Рисунок 3.5 – Освітлення будівлі

Опис	Базовий випадок				Запропонований випадок				Додаткові капітальні затрати \$
	Кількість	Робочі години	Електричне навантаження	Тривалість виконання	Кількість	Робочі години	Електричне навантаження	Тривалість виконання	
		год/міс	кВт	%		год/міс	кВт	%	
лампи розжарювання	7	120	0,075	100					
LED-лампи	23	120	0,007	100	30	120	0,007	100	10,2
зовнішнє освітлення	4	120	0,012	100	4	120	0,012	100	
освітлення тепловпункту	1	5	0,075	100	1	5	0,075	100	

Рисунок 3.6 – Електрообладнання

Характеристики об'єкту				Показат дані				
Показати:	Опалення	Охолодження	Електроенергія	Додаткові капітальні затрати	Економія витрат на паливо	економія на експлуатації і обслуговуванні	Простий строк окупності	Включити вимірювання?
Зекономлене паливо	ГДж	ГДж	ГДж	\$	\$	\$	рік	<input type="checkbox"/>
Опалювальна система	184	-	-	0	3,017	0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Система охолодження								
Оболонка будівлі	633	0	-	132,806	10,381	0	12.8	<input checked="" type="checkbox"/>
Вентиляція	37	0	-	19,455	603	0	32.3	<input checked="" type="checkbox"/>
Освітлення	-	-	2	245	48	0	5.1	<input checked="" type="checkbox"/>
Електрообладнання	-	-	2	306	48	0	6.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Гаряча вода								
Рекуперація тепла								
Інше								
Разом	854	0	5	152,812	14,097	0	10.84	

Рисунок 3.7 – Характеристики об'єкту

Резюме		Показат дані							
		Паливо		Базовий випадок		Запропонований випадок		Економія витрат на паливо	
Вид палива		Споживання палива - одиниці	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Споживання палива	Вартість палива	Зекономлене паливо	Економія витрат на паливо
Електроенергія		МВт·год	\$ 70,000	2.0	\$ 143	0.7	\$ 47	1.4	\$ 96
Природний газ		кВт·год	\$ 0.059	357,955.8	\$ 21,119	120,647.8	\$ 7,118	237,307.9	\$ 14,001
Разом					\$ 21,263		\$ 7,166		\$ 14,097
Перевірка проекту		Споживання палива - одиниці	Споживання палива - традиційне	Споживання палива - базовий	Споживання палива - зміна				
Вид палива									
Електроенергія		МВт·год	1.9	2.0	6%				
Природний газ		кВт·год	365,079.1	357,955.8	-2%				
		Опалення	Охолодження	Електроенергія	Разом				
Енергія		ГДж	ГДж	ГДж	ГДж				
Споживання енергії - Базовий випадок		773	363	7	1,144				
Споживання енергії - Запропонований випадок		304	136	2	442				
Зекономлена енергія		469	227	5	701				
Зекономлена енергія - %		60.7%	62.6%	66.9%	61.3%				
Мітка		ГДж							
Одиниця енергії									
Еталонна одиниця		М³							

Рисунок 3.8 – Резюме енергетичного дослідження

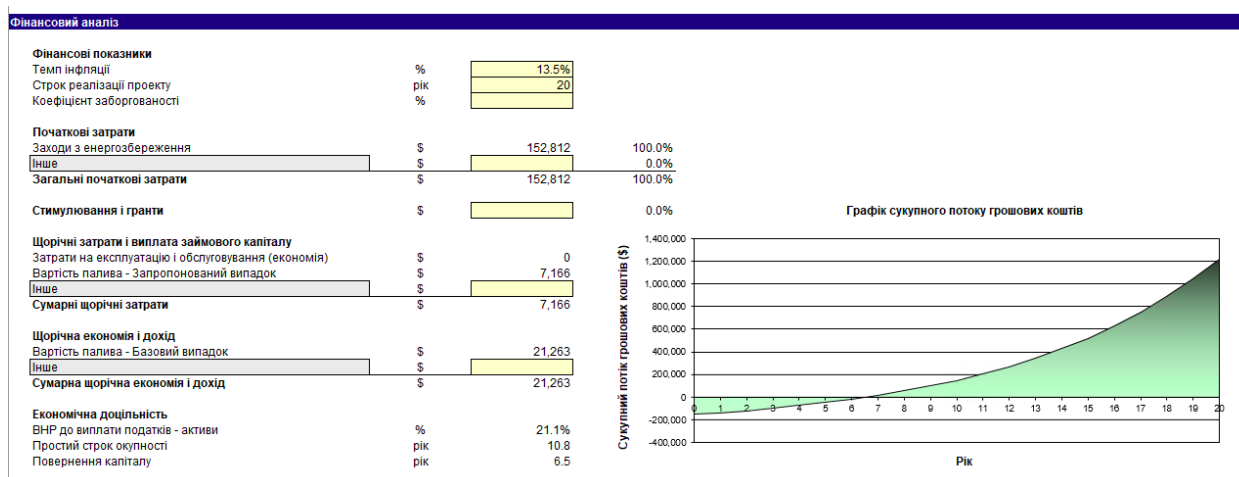


Рисунок 3.9 – Фінансовий аналіз проекту

3.2.2 Аналіз та висновки по роботі з RETScreen

Аналіз теплотехнічного стану будівлі в RETScreen є досить зручним та точним. Програма дозволяє розглянути всі інженерні мережі будівлі (теплові та електричні), запропонувати декілька варіантів покращень з повним описом таких важливих показників як економічність, екологічність та енергоефективність. Позитивним фактором є те, що програма вираховує динамічний термін окупності ЗЕЗ.

До недоліків цього продукту відноситься система вводу характеристик огорожуючих конструкцій – необхідно вручну вираховувати значення приведенного коефіцієнту опору теплопередачі в тих випадках, коли є неоднорідність ОК на ділянці, що розглядається.

Були запропоновані такі ЗЕЗ, як: заміна вікон, дверей, утеплення зовнішніх стін та даху встановлення системи вентиляції з рекуперацією, та заміна електричного обладнання (ламп) на більш нове та енергоефективне.

Загальний термін окупності запропонованих ЗЕЗ становить приблизно 10 років (при 13,5% ставці інфляції), що є привабливим для інвесторів. Строк повернення капіталу – 6,5 років. Економія при сплаті за спожиті енергетичні ресурси становитиме приблизно 20 тис. дол. США.

Отримані розрахунки представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Отримані розрахунки

	Фактичне (за лічильн)	Базовий рівень	Запропонов. 24/7	Запропонов. 12/5
Споживане тепло	365 079,1 кВт·год	357 955,8 МВт·год	120 647,8	104 536,4
Споживана електроенергія	1,9 МВт·год	2,0 МВт·год	0,7	0,7
Економія, %	-	-	61,3% 60,7% - оп	66,5% 65,9% - оп
Термін окупності	-	-	Простий – 10,8р Пов.кап – 6,5 р	9,8 6,1

3.3 Динамічна модель

Динамічна методика визначення енергопотреби базується на спрощеному погодинному методі розрахунку енергопотреби для опалення та охолодження і моделі – п'ять опорів, одна ємність (5R1C) [4, 5].

Цей підхід потребує написання або використання існуючих програм для реалізації даного методу. На рис. 3.17 наведена спрощена схема реалізації методу для певної зони будівлі, що включає зовнішні стіни, віконні отвори та вентиляцію, які характеризуються в схемі блоками провідності H_{op} , $H_{tr.w}$, H_{ve} , відповідно.

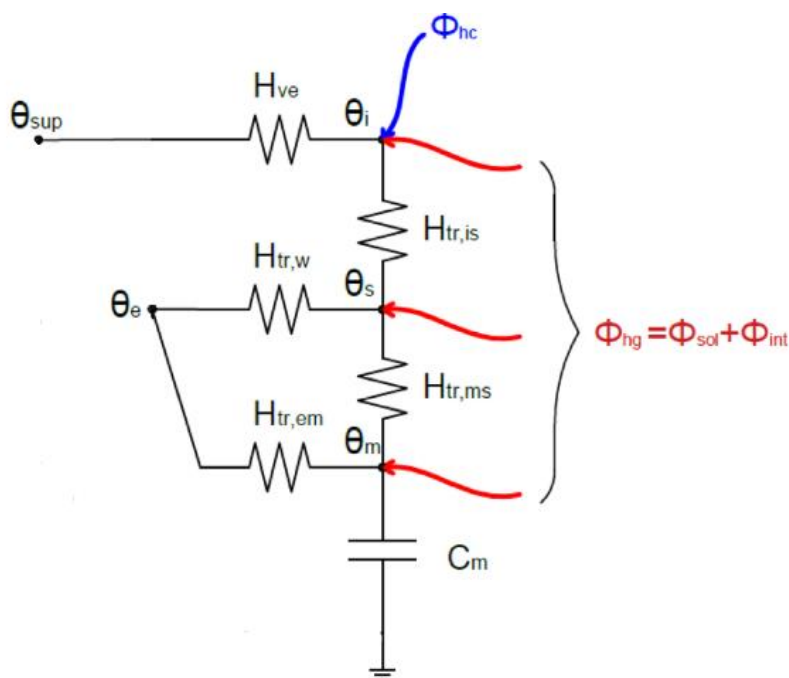


Рисунок 3.10 – Модель п'ять опорів, одна ємність (5R1C) [18]

Енергопотребу знаходять за розрахунком значенням потужності опалення чи охолодження для кожної години, $\Phi_{HC.nd}$, що повинна бути надана до, або відібрана з вузла температури внутрішнього повітря, θ_{air} , для підтримування певної мінімальної або максимальної заданої температури. Задана температура є середньозваженою за температурою повітря та середньою радіаційною температурою. [18]

Провідність через вентиляцію, H_{ve} , прямо пов'язана з вузлом температури внутрішнього повітря, θ_{air} , та вузлом, що відображає температуру припливного повітря, θ_{sup} . Провідність трансмісією поділяється на частину через світлопрозорі отвори, $H_{tr,w}$, що приймається з нульовою тепловою масою, та через непрозорі елементи зовнішніх огорожень H_{op} , що має тепловою масою, яка, в свою чергу, поділяється між двома блоками: сполучення провідністю між вузлами m та зовнішнім середовищем, $H_{tr,em}$, та сполучення провідністю між вузлами m та s , $H_{tr,ms}$. Сонячні та внутрішні теплові надходження розподіляються між вузлом температури внутрішнього повітря, θ_{air} , центральним вузлом, θ_s (суміш θ_{air} та середньої радіаційної температури θ_r) та вузлом, що представляє масив зони будівлі, θ_m . Теплова маса відображується питомою теплоємністю, C_m , визначеною

між $H_{tr.ms}$ та $H_{tr.em}$. Сполучення провідністю визначається між вузлом температури внутрішнього повітря та центральним вузлом. Величина теплового потоку за рахунок внутрішніх джерел, Φ_{int} , та величина теплового потоку в зону кімнати за рахунок сонця, Φ_{sol} , поділені між трьома вузлами: температури внутрішнього повітря, θ_{air} , та внутрішніми вузлами, θ_s , θ_m . Дана схема реалізована на базі стандартів EN 13790, EN 13786 [4, 5].

$$H_{tr.is} = h_{is}A_{tot} \quad (1)$$

$$H_{tr.ms} = h_{ms}A_m \quad (2)$$

$$H_{tr.em} = \frac{1}{\frac{1}{H_{op}} - \frac{1}{H_{tr.ms}}} \quad (3)$$

$$H_{tr.1} = \frac{1}{\frac{1}{H_{ve}} + \frac{1}{H_{tr.is}}} \quad (4)$$

$$H_{tr.2} = H_{tr.1} + H_{tr.w} \quad (5)$$

$$H_{tr.3} = \frac{1}{\frac{1}{H_{tr.2}} + \frac{1}{H_{tr.ms}}} \quad (6)$$

$$C_m = \sum k_j A_j \quad (7)$$

$$\Phi_{m.tot} = \Phi_m + H_{tr.em}\theta_e + \frac{H_{tr.3}(\Phi_{st} + H_{tr.w}\theta_e + H_{tr.1}(\frac{\Phi_{ia} + \Phi_{HC.nd}}{H_{ve}} + \theta_{sup}))}{H_{tr.2}} \quad (8)$$

$$\theta_m = \frac{\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}}{2} \quad (9)$$

$$\theta_{m,t} = \frac{\theta_{m,t-1}(\frac{C_m}{3600} - 0,5(H_{tr.3} + H_{tr.em}) + \Phi_{m.tot})}{\frac{C_m}{3600} + 0,5(H_{tr.3} + H_{tr.em})} \quad (10)$$

$$\theta_s = \frac{H_{tr.ms}\theta_m + \Phi_{st} + H_{tr.w}\theta_e + H_{tr.1}(\frac{\Phi_{ia} + \Phi_{HC.nd}}{H_{ve}} + \theta_{sup})}{H_{tr.ms} + H_{tr.w} + H_{tr.1}} \quad (11)$$

$$\theta_{air} = \frac{H_{tr.is}\theta_s + H_{ve}\theta_{sup} + \Phi_{ia} + \Phi_{HC.nd}}{H_{tr.is} + H_{ve}} \quad (12)$$

$\Phi_{ia}, \Phi_m, \Phi_{st}$ – тепловий потік від внутрішніх джерел та сонця розподіляється між 3-ма вузлами, $\theta_{air}, \theta_s, \theta_m$;

$\Phi_{m.tot}$ – повний тепловий потік, Вт;

h_{is} – коефіцієнт теплопередачі між вузлом температури внутрішнього повітря, θ_{air} , та центральним вузлом, θ_s , з фіксованим значенням $h_{is} = 3,45 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$;

h_{ms} – коефіцієнт теплопередачі між вузлами m та s , з фіксованим значенням $h_{ms} = 9,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$;

A_m – ефективна масова площа, м^2 ;

A_j – площа j -го елемента, м^2 ;

A_{tot} – площа всіх зовнішніх огорожень зони будівлі, м^2 ;

C_m – внутрішня теплоємність, Дж/К;

k_j – внутрішня теплоємність на одиницю площі j -го елемента будівлі, Дж/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$);

$H_{tr.is}$ – сполучення провідністю між вузлами s та внутрішнім повітрям, Вт/К;

$H_{tr.1}, H_{tr.2}, H_{tr.3}$ – провідність умовних вузлів 1, 2, 3, Вт/м.

В розрахунках використовувались кліматичні погодинні значення, які включають в себе зовнішню температуру, сонячну радіацію на стіну та вікна. Спрощена погодинна модель 5R1C не враховує швидкість, напрям вітру, відносну вологість, барометричний тиск, при розвитку числа вузлів моделі ці параметри можуть бути враховані. [18]

На рис. 3.11 показано результат впровадження енергозберігаючих заходів для житлового будинку та, для порівняння, базовий рівень енергоспоживання цього ж будинку.

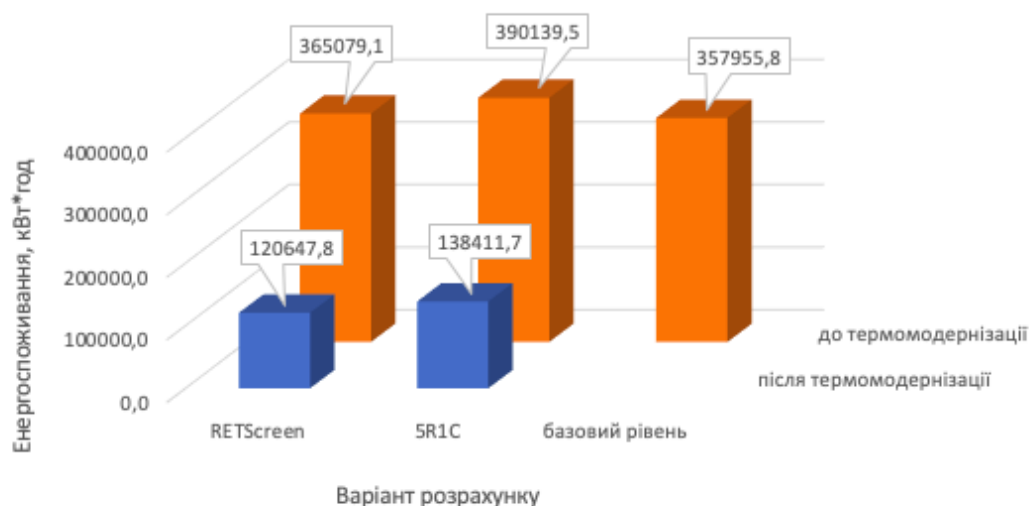


Рисунок 3.11 – Енергопотреба житлового будинку до та після термомодернізації

Як бачимо, після термомодернізації енергопотреба значно зменшилась, це свідчить про високу ефективність споживання енергоресурсів утепленою будівлею та про доцільність термомодернізації.

На рисунку 3.12 зображено помісячне фактичне (за показами лічильника) та змодельоване споживання теплової енергії будинком за допомогою динамічної моделі 5R1C. На додатковій осі показана зовнішня температура повітря. Як бачимо, чим вища температура ззовні – тим менше опалення нам потрібно, проте регулювання було не завжди точним, тому іноді в квартирах було занадто холодно, а іноді занадто тепло і мешканці квартир відкривали вікна, чим спровокували перевитрату. Фактичне і змодельоване значення відрізняються ще і тому, що значення лічильників були усереднені за 3 роки, а температура зовнішнього повітря в ці роки відрізнялась («тепла» зима) .

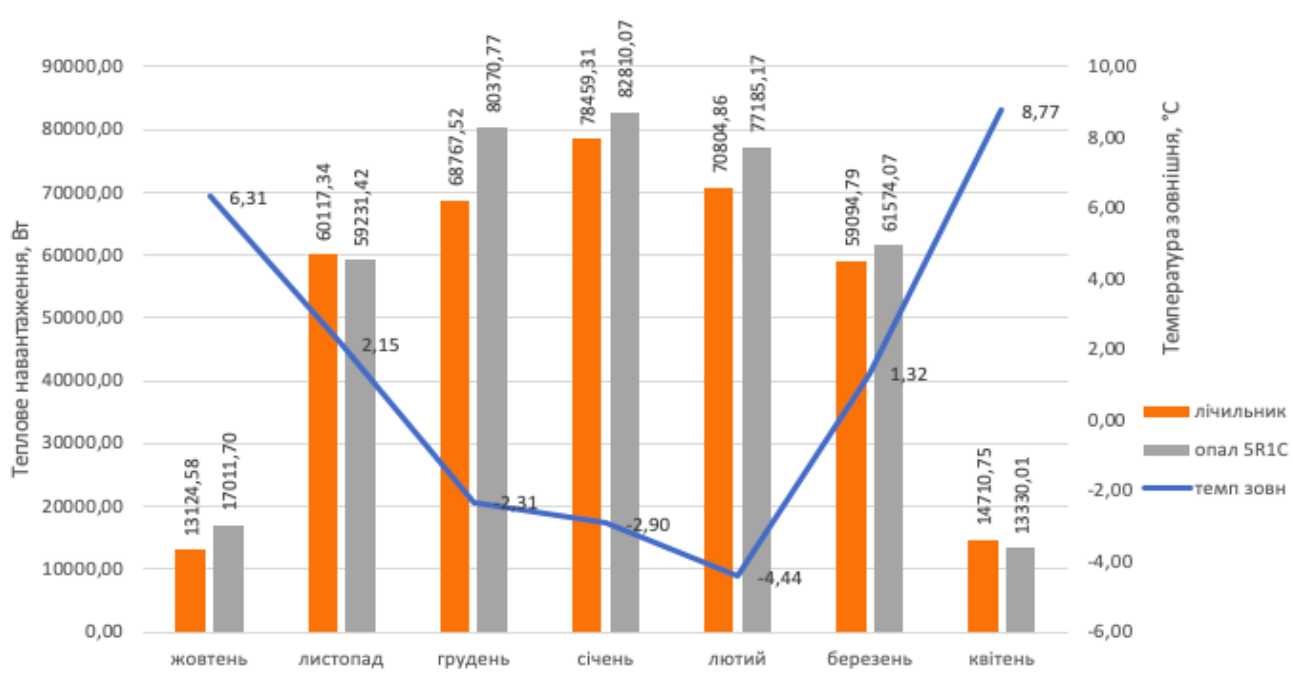


Рисунок 3.12 – Помісячне фактичне та змодельоване споживання теплової енергії будинком.

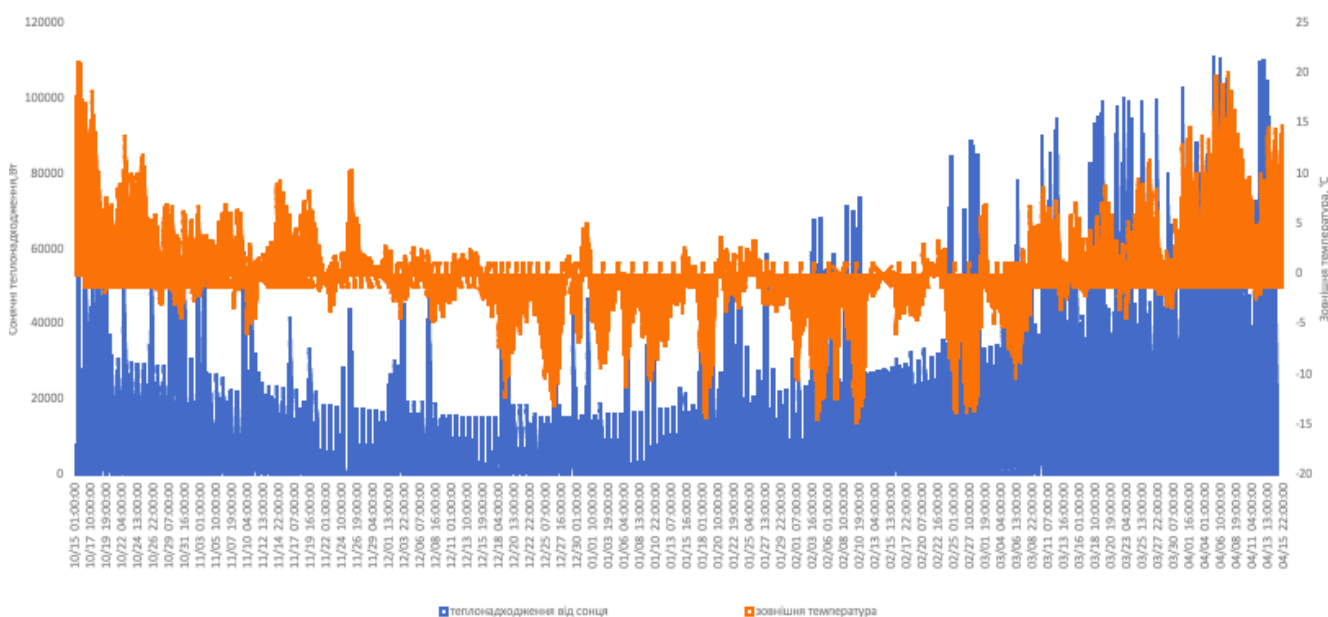


Рисунок 3.13 – Зовнішня температура повітря та теплонадходження від сонця в зону будівлі.

На рисунку 3.13 зображено сонячні теплонадходження в зону будівлі погодинно за опалювальний період та заміри зовнішньої температури.

Як бачимо, температура в холодний період опускалась до -15 градусів, а в теплий піднімалась аж до 23 .

На рисунку 3.14 зображено графік теплового навантаження житлового будинку під час постійного та переривчастого опалення, 3.14а – порівняння постійного та переривчастого режимів, 3.14б – графік теплового навантаження будинку при постійному режимі опалення, 3.14в – графік теплового навантаження будинку при переривчастому режимі опалення.

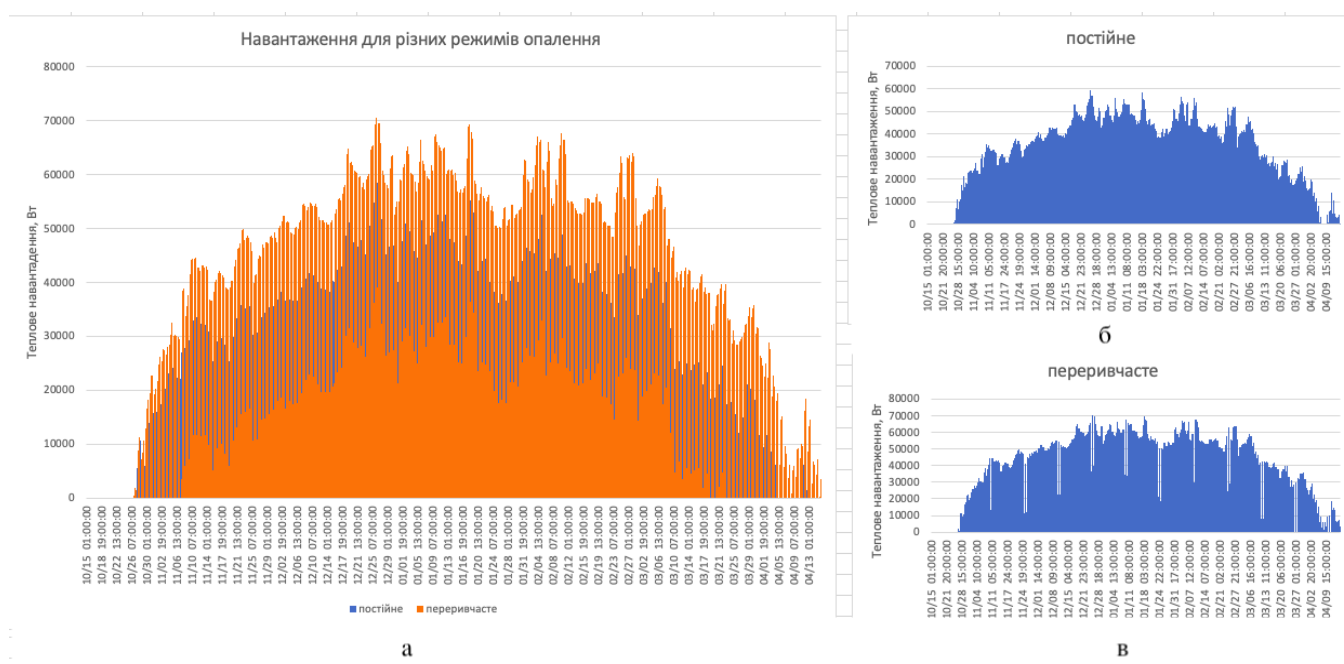


Рисунок 3.14 – Теплове навантаження для різних режимів опалення

Як бачимо, під час переривчастого режиму опалення амплітуда коливання енергопотреби більша, це пов'язано з тим, що після 12 годин, коли температура на 3°C нижча, ніж зазвичай, нам потрібно підігріти кімнату до 18°C - комфортної температури перебування в приміщенні. Загалом, впровадження переривчастого режиму опалення дозволяє зекономити майже 10% тепла в рік.

Переривчастий режим характеризується зниженням температури в приміщенні на 3°C 12 годин на день, приблизно в той час, коли мешканці квартир йдуть на роботу, а квартира залишається пустою. На рисунку 3.15 зображений графік динаміки внутрішньої температури в приміщенні. На початку

опалювального сезону, в жовтні, мають місце високі теплонадходження від сонця, тому температура в приміщенні піднімається аж до 23°C.

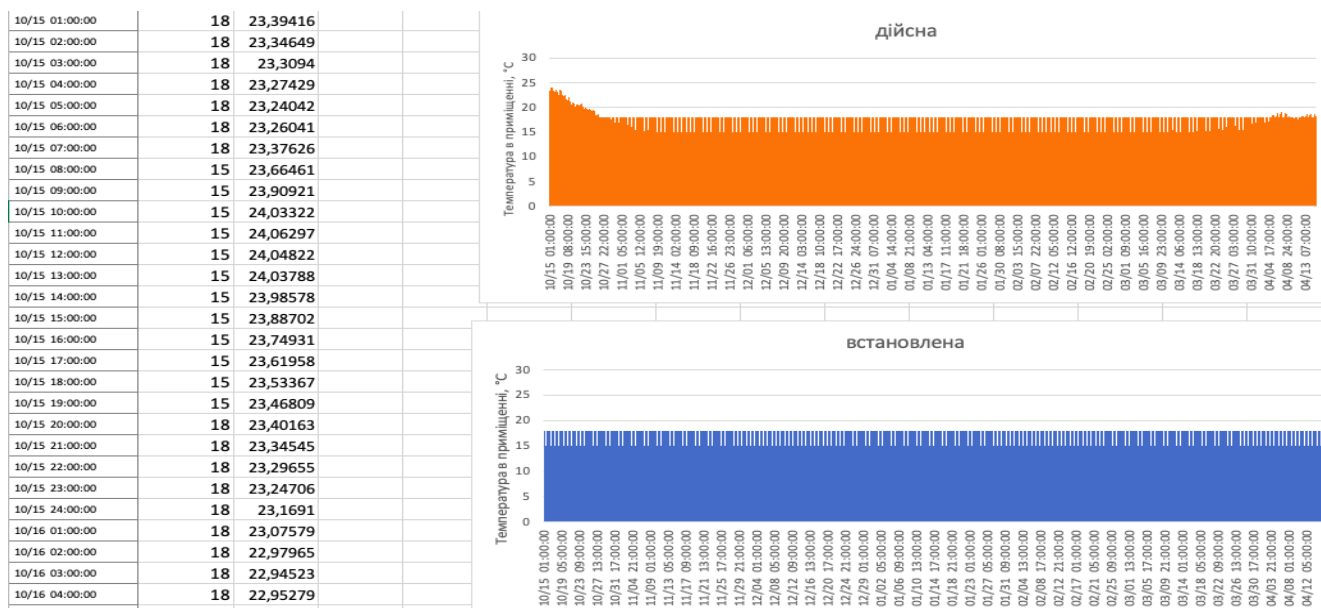


Рисунок 3.15 - Графік зміни внутрішньої температури в будівлі

Змодельовавши існуючий стан будівлі, базовий рівень, стан після термомодернізації, а також переривчасті режими різними методами, можемо порівняти енергоспоживання. Результати розрахунків енергоспоживання різними методами наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння методів розрахунку

Варіант розрахунку	Енергоспоживання на опалення, кВт·год		
	Фактичне споживання	RETScreen	5R1C
Існуючий стан	365 079,1	-	-
Базовий (за проектними даними)	-	357 955,8	390 139,5
Після термомодернізації (змодельоване)	-	120 647,8	138 411,7
Після термомодернізації з впровадженням переривчастого режиму опалення (змодельоване)	-	104 536,4	124 905,6

Висновки до розділу

Житловий будинок має типові проблеми об'єктів масової забудови минулого століття. Будівля має значний потенціал енергозбереження і потребує термомодернізації. Впровадження комплексу заходів для житлового будинку, що розглядається, дозволить значно зменшити витрати енергоресурсів та водночас забезпечити комфортні умови проживання.

Виконано порівняльну оцінку розрахунків за допомогою спеціалізованих програмних продуктів, що використовують різні методи розрахунку, результати відображені в таблиці 3.2. Серед рекомендованих заходів з енергозбереження: заміна вікон та дверей, утеплення зовнішніх стін та горища, встановлення припливно-витяжної системи.

Також розглянуто можливість впровадження переривчастого режиму опалення для даного об'єкта. За результатами розрахунків, можна стверджувати, що зниження внутрішньої температури в квартирах на 3°C в робочий час дозволяє заощадити майже 10% тепла.

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

4.1 Енергоменеджмент

Для реалізації системи енергоменеджменту, необхідно провести енергоаудит, який було виконано. Наступним кроком є безпосереднє впровадження системи енергетичного менеджменту для покращення подальшого рівня ефективності енерговикористання.

Головною метою системи енергоменеджменту є підтвердження ефективності заходів з енергозбереження і контролю зі сторони жителів будинку. Для досягнення мети необхідно постійно контролювати та поліпшувати здобуті результати.

Також позитивний вплив дасть постійне обговорення питань енергоефективності та енергозбереження на загальних зборах будинку, надання жителям інформації про нові та існуючі державні програми з фінансової допомоги багатоквартирним будинкам при термомодернізації і реконструкції.

Для початку необхідно призначити спеціально навчену людину на посаду енергоменеджера будинку, це може бути один з жителів. Енергоменеджер повинен формувати звіти по енергоспоживанню, аналізувати та обробляти інформацію, яка отримується з систем комерційного обліку, виявляти недоліки режиму системи енергопостачання та пропонувати методи підвищення рівня енергетичної ефективності. Коли ці обов'язки виконує житель будинку, то він матиме достатню мотивацію для цього. Також при наявності кваліфікованого експерта, мешканці матимуть можливість вирішити питання з покращення енергоефективності своїх квартир і зможуть швидше отримувати відповіді на всі питання, що можуть виникнути на зборах.

Також варто запропонувати жителям будинку прослухати лекції з енергозбереження, це задасть мешканцям правильний напрям розвитку на підвищення енергоефективності. Лекції можна проводити як для дорослих, так і для дітей. Можна подати інформацію дітям в ігровій формі, це підніме

зацікавленість батьків та знання дітей про безпечне використання електроприладів, також ми зможемо закласти фундамент для зростаючого покоління енергоефективних людей.

Можна влаштувати серед мешканців змагання з ефективного споживання енергоресурсів, результати якого будуть відкритими для всіх жителів будинку. Це буде своєрідною мотивацією для підвищення рівня енергоефективності їх квартир та контролю енергоспоживання. Пропонується повідомляти про всі досягнення у сфері енергозбереження на зборах будинку, а також публікувати на дошці оголошень. Це допоможе сповіщати жителів про їх загальні досягнення та дозволить розробити подальшу політику енергозбереження будинку.

4.2 Система моніторингу

Впровадження системи енергомоніторингу та енергоменеджменту є важливим для контролю споживання енергії, своєчасного виявлення проблем, зменшення споживання енергоресурсів без додаткових затрат і контролю економічної ефективності заходів з енергозбереження в ході їх впровадження.

Поки що на об'єкті система енергомоніторингу та енергоменеджменту реалізована в ручному режимі. За підтримки голови ОК та ініціативних жителів будинку, збираються дані про енергоспоживання, заносяться до електронних таблиць, але подальшого аналізу та обробки даних не відбувається.

Облік електроенергії на об'єкті здійснюється поквартирно, це наає можливість провести аналіз енергоспоживання у місцях загального користування і в житлових приміщеннях. Облік теплової енергії відбувається за лічильником, який встановлено в теплопункті. Потрібно модернізувати систему теплопостачання будинку, інакше детальний аналіз споживання теплової енергії є неможливим.

Варіантом моніторингу, менеджменту та аналізу споживання електроенергії є встановлення на об'єкті автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Робота АСКОЕ показана на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Структурна схема АСКОЕ

Встановлення такої системи дозволяє максимально реалізувати контроль над споживанням енергії за умови зменшення впливу людського фактору і розміру штату, що повинен витратити свій час на моніторинг споживання електричної енергії.

В наш час на ринку є велика кількість організацій, що встановлюють систему АСКОЕ «під ключ», отже питання встановлення цієї системи залежить лише від фінансових можливостей і бажання споживачів.

Висновки до розділу

Для впровадження системи енергоменеджменту та моніторингу, рекомендується:

- призначити одного з жителів на посаду енергоменеджера будинку;
- збір даних про енергоспоживання;
- проведення енергоаудиту;
- розробка та впровадження заходів з енергозбереження;
- лекції з енергозбереження для жителів будинку, як для дорослих, так і для дітей;
- впровадити систему АСКОЕ.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ТЕПЛОТИ ВІД ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З ВРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ УМОВ

Вирішення питань з енергозбереження та енергоефективності є одним з першочергових, оскільки Україна є однією з найбільш енергозалежних країн Європи, споживаючи при цьому майже 70% імпортованих енергоресурсів.

Теплопостачання наших квартир є найдорожчим серед інших комунальних послуг, ми не можемо повністю його відключити, але можемо більш ефективно споживати.

Система опалення ОСББ спроектована за старими стандартами має безліч недоліків, таких як розбалансування, перетопи в деяких квартирах, неможливість регулювання системи. Для вирішення цієї проблеми, а також для використання потенціалу енергозбереження запропоновано впровадити систему автоматичного регулювання рівня теплоти від опалювальних приладів з врахуванням погодних умов. На сучасних радіаторах встановлені регулятори, аби ми самі могли збільшити чи зменшити температуру в кімнаті. Моя ідея полягає в автоматичному регулюванні систем забезпечення комфортних умов в квартирах, залежно від експлуатаційних особливостей.

За допомогою динамічних моделей ми зможемо регулювати рівень температури в кімнатах та концентрацію CO₂, що дозволить забезпечити комфортні умови проживання, не залежно від погоди за вікном. До того ж, ми зможемо враховувати кількість мешканців в квартирах.

Актуальність та новизна ідеї представлена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Використання динамічних моделей для налагодження програмування систем забезпечення комфортних умов в кімнатах житлового будинку	Автоматичне регулювання рівня теплоти від опалювальних приладів з врахуванням погодних умов для забезпечення комфортних умов в квартирах	<ul style="list-style-type: none"> - комфортні умови проживання - регулювання рівня температури в кімнатах - регулювання рівня CO₂ - можливість враховувати кількість мешканців у квартирах

Нічого подібного на ринку поки немає.

Ця ідея поєднує в собі принцип дії системи вентиляції та регульованих радіаторів, але жоден з них поки не запрограмований на використання динамічних моделей.

Проведемо SWOT-аналіз даної ідеї. Результати наведено в таблицях 5.2 та 5.3.

Таблиця 5.2 – Форма для проведення SWOT-аналізу

Фактори	Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
	Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Залежні від діяльності підприємства:				
1.1. Можливість виходу на іноземні ринки	Сучасні всесвітні тенденції спрямовані на перехід до динамічних моделей розрахунку енергетичної потреби та енергоспоживання, а також діджиталізації всіх розрахунків. Праця українських спеціалістів коштує дешевше, ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	Більша кваліфікованість іноземних спеціалістів, специфіка нормативних та законодавчих баз інших держав, потенційне несприйняття українського продукту як якісного	Унікальність продукту	Дуже складна реалізація проекту
1.2. Інноваційність продукту	Можливість першими вийти на новий ринок	Загроза не виникнення цього ринку	Відсутність конкурентів, орієнтованість на споживача та забезпечення для нього комфортних умов	

Продовження таблиці 5.2 – Форма для проведення SWOT-аналізу

2. Незалежні від діяльності підприємства:				
2.1. Потреба в кваліфікованих кадрах	Рух України за світовими тенденціями в сфері нормативів та методів розрахунків може підштовхнути до збільшення кількості працівників з відповідною кваліфікацією	Сучасна нормативна база до появи висококваліфікованих в цій сфері працівників не заохочує, більш кваліфіковані працівники вимагають більшої платні	Можливість навчати персонал самим або за кордоном	

Таблиця 5.3 – Матриця SWOT-аналізу

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> • Такі системи значно полегшать процес регулювання температури в приміщеннях та зроблять можливим процес регулювання рівня вуглекислого газу для забезпечення комфортних умов • Відсутність конкурентів • Інноваційність • Можливість навчати персонал самим або за кордоном 	<ul style="list-style-type: none"> • Система дуже складна для реалізації, оскільки потрібно використовувати динамічне моделювання • Високі терміни окупності • Дуже мала кількість спеціалістів, отже висока оплата їх праці • Виробництво з високими витратами

Продовження таблиці 5.3 – SWOT-аналіз

Моживості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> • Це новий етап розвитку систем забезпечення комфортних умов в приміщеннях • Доступність інвестицій для реалізації • Можливість першими вийти на ринок • Сучасні всесвітні тенденції спрямовані на перехід до динамічних моделей розрахунку енергетичної потреби та енергоспоживання 	<ul style="list-style-type: none"> • Оскільки система дуже складна для реалізації, її створення може не відбутись, або вона буде мало де використовуватись • Велика ймовірність виникнення конкурентів • Високі темпи інфляції • Потенційне не сприйняття українського продукту як якісного

Для встановлення системи рекомендується мати індивідуальний тепловий пункт. В кожному з під'їздів встановлюється проміжний контролер під управлінням якого, знаходяться клапани регулювання витратою теплоносія на кожному стояку. Ззовні будинку знаходиться датчик температури і активності сонячної радіації. Все обладнання підключається до головного контролера управління (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Головний контролер системи автоматичного управління і балансування системи опалення

Пропонується розпочати з невеликої фірми, яка налічуватиме 4 співробітників. Розрахуємо капітальні витрати встановлення такої системи для об'єкта дипломування.

До капітальних витрат відносимо:

- 2 комп'ютери, орієнтовна ціна 15000 грн кожен
- 1 головний контролер вартістю 2700 грн
- Клапани регулювання теплового потоку 2200 грн кожен (кількість визначається виходячи з конкретного об'єкта)
- Датчик зовнішньої температури і активності сонячної радіації 500 грн

Загальна сума капітальних витрат становить 42 000 грн.

Заробітна плата працівникам:

- За розробку динамічної моделі іноземні фахівці отримують від 10 000\$
- Монтажники (3 чол) встановлять контролер та датчики за один-два дні, отримають при цьому по 1000 грн

Додатково необхідна ліцензія на програмне забезпечення MathCad, 50 000 грн на рік для серверного типу або 18 000 грн на рік для кожного комп'ютера індивідуально.

Дані зведемо до таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників	
- Плата за розробку моделі	282, 918
- Плата за монтаж	3
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду -22% по заробітній платі виробничих працівників	62,9
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
- Початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом з транспортуванням, установкою та демонтажем)	42
Інші прямі витрати:	
- Витрати на розробку інноваційних продуктів (ліцензія на програмне забезпечення)	50
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	442,918

Виходячи з визначення поняття основних фондів, амортизації підлягають комп'ютери (строк експлуатації його приймаємо 3 роки), контролер (строк експлуатації 15 років) та клапани (строк експлуатації 30 років).

Таблиця 5.5 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів

Назва об'єкта	Кіль- кість, шт	Вартість на початок року	Річна норма аморти- зації	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн				
				I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	За рік
Комп'ютер	2	15 000	33	2500	2500	2500	2500	10000
Контролер	1	2700	6,7	45	45	45	45	180
Клапан	4	2200	3,3	6,7	6,7	6,7	6,7	26
Всього:								10206

Таблиця 5.6 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Ліцензія на програмне забезпечення	Офіційний веб-сайт	4166,7	50 000

Таблиця 5.7 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		На місяць	На рік
Амортизація основних засобів	Таблиця 5.5	850,5	10206

Умовно-змінні витрат у виробництві немає.

Таблиця 5.8 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн		
		На місяць	На квартал	На рік
Амортизація	Табл.5.5	850,5	2551,5	10206
Ліцензія на ПЗ	Табл.5.6	4166,7	12500	50 000
всього		5017,2	15051,5	60206

Таблиця 5.9 - Обґрунтування собівартості товару (послуги), грн

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис. грн		
		На місяць	На квартал	На рік
Умовно-змінні витрати	відсутні	0	0	0
Умовно-постійні витрати	Табл. 5.8	5017,2	15051,5	60206
Собівартість	p1+p2	5017,2	15051,5	60206

Таблиця 5.10 – Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги)

Статті витрат	Джерело даних	Од. виміру	Значення показників
1. Собівартість одиниці продукції	Табл. 5.9	грн	5017,2
Обсяг виробництва в рік	прогноз	шт	1200
2.Необхідний прибуток	пп.2.1+2.2+2.3+ 2.4+2.5+2.6+2.7	грн	2 465 263
2.1.Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн	0
2.2.Засоби ФРВ	Колективна угода	Грн	1 000 000
2.3.Засоби ФСР	Колективна угода	Грн	500 000
2.4Засоби ПФ	Колективна угода	грн	200 000
2.5.Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн	300 000
2.6.Фінансовий резерв	(2.1+2.2+2.3+2.4+ 2.5)*0,05/0,95	грн	105263
2.7.Податок на прибуток	(2.1+2.2+2.3+2.4+ 2.5)*0,18	грн	360000
3.Необхідний рівень рентабельності	П.2/п.1 * 100%	%	40,9

Таблиця 5.11 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1.Собівартість одиниці товару (послуги)	Табл. 5.9	грн	5017,2
2.Норма рентабельності	Табл. 5.19	%	40,9
3.«Нормальний» питомий прибуток	П.1*п.2 /100%	грн	2052
4.Вартість виробництва одиниці продукції	П.1+п.3	грн	7069,2
5. ПДВ	П.4*0,2	грн	1413,84
6. Відпускна ціна товару	П.4+п.5	грн	8483,04

Цільовою групою на першому етапі розвитку проекту є житлові будинки, офіси, адміністративні будівлі та місця громадського призначення.

Прогнозована економія тепла від запровадження такої системи складе 10-20% за рік.

Таблиця 5.12 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Житлові будинки	Теплопостачання як займає близько 70% вартості всіх комунальних послуг, тому очікується високий попит на систему, оскільки вона дає значний рівень економії тепла	Конкуренції немає	Можуть виникнути труднощі з монтажем системи в уже наявні системи теплопостачання, але в принципі, увійти в сегмент легко
2	Офіси та адміністративні будівлі			
3	Місця громадського призначення			

Таблиця 5.13 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту	Диферен- ційований маркетинг	Зниження ціни на продукт, підвищення швидкості розробки моделей	Стратегія диференціації

Таблиця 5.14 – Структура бізнес-моделі обладнання (технології)

Ключові партнери: Державне агентство з енерго-ефективності та енергозбереження України	Ключові види діяльності: 1. Розробка динамічних моделей 2. Проведення розрахунків для регулювання кількості теплоти, наданої для опалення будівлі	Цінність пропозиції: Впровадженн я нового виду розрахунку енергопотреб и та енерго-споживання, який буде автомати- зовано.	Взаємовідносини з клієнтами: Пряма взаємодія з замовником послуг	Споживчі сегменти: - ОСББ - ЖБ - Громадські та адміністративні будівлі
	Ключові ресурси: 1. Комп'ютерне обладнання 2. Інтелектуаль на власність 3. Фінансові ресурси 4. Людські ресурси		Канали збуту: 1. Безпо- середній замовник послуг 2. Забудовни ки 3. Державні організації	
Структура собівартості: 1. Витрати разові (капітальні): 442,918 тис. грн 2. Витрати постійні: 5017 грн/міс 3. Витрати змінні: 0 грн			Потоки надходження доходу: 1. Плата за розробку моделей та розрахунок енергопотреб и	

В таблиці 5.15 наведено узагальнюючі техніко-економічні показники даного проекту

Таблиця 5.15 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення	
Різний випуск продукції, од.	1200	500
Собівартість продукції, грн.	5017,2	
Ціна продукту, грн.	8483,04	
Прибуток, грн.	2052	
Рентабельність, %	40,9	
Коефіцієнт економічної ефективності	22,98	9,576
Період повернення капіталовкладень, років	0,5 міс	1,25 міс

Висновки до розділу

Було проведено аналіз та запропоновано впровадити систему автоматичного регулювання рівня теплоти від опалювальних приладів з врахуванням погодних умов. Попит на дану послугу на ринку є, оскільки в комунальних платіжках біля 70% займає опалення, воно ж найдорожчим серед комунальних послуг. Проте існуючі системи опалення спроектовані за старими стандартами і мають безліч недоліків, таких як розбалансування, перетопи в деяких квартирах, неможливість регулювання системи. Конкуренції в даному сегменті немає, оскільки в нашій країні поки використовуються лише квазістаціонарні методи розрахунку енергопотреби та енергоспоживання, ми ж пропонуємо динамічний метод з автоматичним регулюванням теплоти в будинку. Таким чином зможемо забезпечити комфортну температуру в будівлі, передбачивши необхідний рівень

опалення на наступний день або навіть годину. Розробка моделі потребує значних вкладень, проте є доцільною, бо дозволить зекономити до 20% теплоти в річному розрізі.

ВИСНОВКИ

В роботі було досліджено системи енергоспоживання будинку. Також був проведений аналіз теплоспоживання та стану будівлі. Були показані проблемні місця та на основі розрахунків втрат через огорожувальні конструкції були запропоновані заходи з енергозбереження, серед яких заміна вікон та дверей, утеплення зовнішніх стін та горища, встановлення припливно-витяжної системи

Розробили математичні моделі для динамічного моделювання енергоспоживання об'єкта. Було змодельовано поточний стан і стан після термомодернізації.

Виконано порівняльну оцінку розрахунків за допомогою спеціалізованих програмних продуктів, що використовують різні методи розрахунку.

Також розглянуто можливість впровадження переривчастого режиму опалення для даного об'єкта. За результатами розрахунків, можна стверджувати, що зниження внутрішньої температури в квартирах на 3°C в робочий час дозволяє заощадити майже 10% тепла.

В роботі використано два підходи до розрахунку енергопотреб: побудовано квазістаціонарну математичну модель (на базі програмного продукту RETScreen) та динамічну модель 5R1C (на базі стандартів EN 13790 та EN13786 [4, 5])

В річному розрізі квазістаціонарний та динамічний методи дають приблизно однаковий відсоток економії енергії. Але динамічна модель дозволяє впроваджувати регулювання системи опалення протягом доби впродовж опалювального сезону на основі фактичних прогнозів даних, тобто передбачати рівень опалення на наступний день чи годину і забезпечувати при цьому дотримання умов комфорту та раціональне використання енергетичних ресурсів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Чинний з 08.10.2016]
2. ДСТУ Б EN 15217:2013 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Методи для визначення енергоефективності та для енергетичної сертифікації (EN 15217:2007, IDT). [Чиний від 16.12.2013].
3. ДСТУ EN 15603:2013 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чиний від 01.01.2014].
4. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT). [На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013]
5. ISO EN 13786:2017. Thermal performance of building components – Dynamic thermal characteristics – Calculation methods
6. EN 12831:2003 E Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. (Опалювальні системи в будівлях – Розрахунок теплових навантажень).
7. Дешко В.І., Білоус І.Ю. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання. Всеукраїнська науково-технічна конференція «Енергоефективність у будівництві. Сучасні конструктивні системи, ефективні матеріали та інженерне обладнання»
8. ДБН В.2.6_31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП II_3_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]
9. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01].
10. ДСТУ Б EN 13779:2011 Вентиляція громадських будівель. Вимоги до виконання систем вентиляції та кондиціонування повітря (EN 13779:2007, IDT). [Уведений вперше; чинний від 01.01.2013]
11. ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. К., 2011.

12. ДБН В.2.2-15-2005. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
13. СНиП II-3-79* «Коэффициенты теплопроводности материалов».
14. Kyivenergo.ua [Електронний ресурс] .– Режим доступу: <http://kyivenergo.ua/>
15. Матеріали для утеплення фасаду – види, особливості, характеристики [електронний ресурс] .– Режим доступу: <http://teplodim.info/uk/useful-articles/materialy-dlja-uteplenija-fasada-vidy-osobennosti-harakteristiki>
16. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гетманчук Г.О. Динамічні моделі для визначення енергопотреб на охолодження будівель. XVI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» Київ – Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_350.htm
17. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Голубенко О.О. ДИНАМІЧНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ У БУДІВНИЦТВІ ТА ПОШИРЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТЕПЛЕННЯ.
18. Дешко В.І., Білоус І.Ю. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ. – Режим доступу: <http://tt-conf.kart.edu.ua/images/stories/konf-1/main-page/tezu.pdf>
19. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурська Ю.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЕЛЬ. – Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_337.htm
20. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурська Ю.В. ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЕЛЬ В ОПАЛЕННІ. – Режим доступу: <http://en.iee.kpi.ua/files/2017/dopovidi2017.pdf>
21. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Жижа М.І. Моделювання переривчастого опалення будівель. – Режим доступу: https://tef.kpi.ua/rub_334.htm
22. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В. Динамічні методи розрахунку у будівництві та поширені технології утеплення. – Режим доступу: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/konferentsiya-kzyatps-2019/>
23. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Гурєєв М.В. ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА

- ЕКСЕРГЕТИЧНІЙ МОДЕЛІ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТУ. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/project/Zbirnik-Tez-ta-Programa-Sonference-PREAP-2019-Programa-konferencii-PREAP-2019-DOI-1013140-RG223503019528-Zbirnik-tez-konferencii-PREAP-2019-DOI-1013140-RG222999703043-1-Posilanna-na-Oficijnij-sajt-ko>
24. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ З ВРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ КОМФОРТУ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. – Режим доступу: <http://econference.nubip.edu.ua/index.php/pmeas/pmeas2020>
25. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Бірюков Д.В. Управління режимами ефективного теплозабезпечення будівель на основі математичного моделювання. – Режим доступу: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/zaproshuyemo-do-publikatsiyi-v-tretomu-tomi-materialiv-konferentsiyi/>
26. Deshko Valeriy, Nadia Buyak, Bilous Inna, Olena Shevchenko. The Impact of Energy-Efficient Heating Modes on Human Body Exergy Consumption in Public Buildings. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9160270>
27. Deshko Valeriy, Bilous Inna, Shovkaliuk Maryna, Hurieiev Maksym. Evaluation of differentiated impact of apartment building occupants' behavior on energy consumption. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9160046>
28. 3. Deshko V.I., Sukhodub I.O. Bilous I.Yu. Mathematical models for determination of energy need for heating. – Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2019/09/book-of-abstract-II-International-2017-08%D1%8E09.pdf>
29. Deshko V., Buyak N., Bilous I. DYNAMICS OF THE INFLUENCE OF BUILDING INSULTION ENVELOPE ON ENERGY NEED AND HUMAN THERMAL COMFORT CONDITION. – Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2019/01/Book-of-abstracts.pdf>
30. Дешко В.І., Білоус І.Ю. Моделювання режимів опалення приміщень. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». Випуск №3 Київ 2016. – Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/article/view/85903>

31. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАМІНИ ВІКОН НА ЕНЕРГОПОТРЕБУ ТА УМОВИ КОМФОРТУ В БУДІВЛІ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2018. №3. – Режим доступу: <http://energy.kpi.ua/article/view/164428>
32. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Максименко О.Е. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ. Науковий журнал «Технічні науки та технології». 2019. №1. – Режим доступу: http://journals.stu.cn.ua/technical_sciences_and_technology/article/view/176065
33. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. ВПЛИВ ТЕПЛОІНЕРЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОГОРОДЖЕНЬ НА УМОВИ КОМФОРТНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ. Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. 2019. Т.3. випуск 149. – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/download/5415/5338/>
34. Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А. ВПЛИВ ПЕРЕРИВЧАСТИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ НА ДИНАМІКУ ЕНЕРГОПОТРЕБИ ТА УМОВИ КОМФОРТНОСТІ БУДІВЕЛЬ З РІЗНИМ РІВНЕМ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ. Наукові вісті НТУУ КПІ. 2019. №4. – Режим доступу: <http://scinews.kpi.ua/article/view/180731>
35. Deshko V., Bilous I., Buyak N. DYNAMIC MODELING OF ENERGY NEED FOR HEATING AND THERMAL COMFORT DEPENDENCE ON BUILDING ENVELOPE CHARACTERISTICS. Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES), 2019. Vol.1. – Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2019/07/Valeriy-DESHKO-Nadia-BUYAK-Bilous-INNA-DYNAMIC-MODELING-OF-ENERGY-NEED-FOR-HEATING-AND-THERMAL-COMFORT-DEPENDENCE-10.pdf>
36. Deshko V.I., Bilous I.Yu., Sukhodub I.O. MATHEMATICAL MODELS FOR DETERMINATION OF ENERGY NEED FOR HEATING. Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES). 2017. No.2. – Режим доступу: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2018/04/2.1.pdf>

37. Deshko V.I., Bilous I.Yu., Sukhodub I.O. MATHEMATICAL MODELS FOR DETERMINATION OF SPECIFIC ENERGY NEED FOR HEATING USED IN UKRAINE. Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES). 2018. No.1. – Режим доступа: <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2018/06/No-1-2018.2.pdf>
38. Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O. Building inside air temperature parametric study. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 8. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85018738743&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=c615ddd0c8a549482db486d22a2df0c7&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=18&s=AU-ID%2857194104035%29&relpos=2&citeCnt=13&searchTerm=>
39. Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O. Building energy modeling using hourly infiltration rate. Magazine of Civil Engineering. 2020. – Режим доступа: <https://engstroy.spbstu.ru/article/2020.96.3/>
40. Deshko, V., Buyak, N., Bilous, I., Voloshchuk, V. Reference state and exergy based dynamics analysis of energy performance of the “heat source - human - building envelope”. Energy, Vol. 200, 2020 – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220306411>